

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra Elektroenergetiky

Elektrostatické odlučovače popílků – Principy a současné trendy

Electrostatic precipitators of flue dust – Principles and current trends

2010/2011

Zdeněk Svozil



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Elektrostatické odlučovače popílku – Principy a současné trendy“ vypracoval samostatně. V přiloženém seznamu literatury jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Datum odevzdání práce: 5. 5. 2011

.....

Zdeněk Svozil

## **Poděkování**

Děkuji především vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinovi Markovi, Ph. D. za pozornost a ochotu, za poskytnutí důležitých informací, čas strávený konzultacemi a podnětné rady ke zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat všem mým blízkým, kteří mi pomohli s formálními a gramatickými úpravami práce a také mě psychicky podporovali.

## Abstrakt

V práci se věnuji problematice elektrostatických odlučovačů. V jednotlivých kapitolách je uvedeno základní rozdělení odlučovačů podle určitých kritérií. Poté jsou popsány jednotlivé typy odlučovačů – mechanické, elektrostatické a kombinované. Dále je uvedena fyzikální podstata elektrostatického odlučování. Vznik a působení elektrostatického pole a koróny. Popsány jsou také typy jednotlivých elektrod, kterých jsou dva typy. Uvedené jsou také zákonné požadavky a normy, podle kterých se odlučování a děje kolem odlučování řídí. V další kapitole jsem uvedl seznam uhelných elektráren v České Republice, jejich parametry a vlastnosti odlučovačů, které používají.

## Klíčová slova

Odlučovač, filtr, popílek, elektrostatické pole, koróna, elektrody

## Abstract

The thesis deals with the problems of electrostatic precipitators. Individual chapters describe the basic division of precipitators according to certain criteria, described are the different types of precipitators - mechanical, electrostatic, and combined. Further, the physical nature of electrostatic precipitation is described. The origin and operation of an electrostatic field and corona. Described are the two types of electrodes. Mentioned are also the legal requirements and norms under which electrostatic precipitation falls under. Another chapter contains a list of coal-fired power plants in the Czech Republic, their parameters and properties of precipitators they use.

## Key Words

Precipitator, filter, fly ash, electrostatic field, corona, electrodes

**Seznam použitých symbolů a značek:**

$\alpha$		multiplikativní činitel
$a$	[ $\mu\text{m}$ ]	průměr částice
$\beta_p$		faktor hustoty plynu
$c$	[m/s]	střední kvadratická rychlost molekul
$c_1, c_2$		konstanty závislé na poloměru R
$C_{ni}$	[1/m <sup>3</sup> ]	počtová koncentrace iontů
$\varepsilon$		permitivita okolí
$e$	[C]	elementární náboj
$E$	[V/m]	intenzita pole
$\varepsilon_0$	[F/m]	permitivita vakua
$E_e$	[V/m]	složka plošných nábojů na elektrodách
$E_i$	[V/m]	složka prostorového náboje iontů
$E_{krit}$	[V/m]	kritická intenzita pole
$\varepsilon_m$		permitivita částice
$E_p$	[V/m]	složka prostorového náboje elektricky nabitě příměsi
$\varepsilon_r$		relativní permitivita
$F$		činitel geometrického uspořádání soustavy elektrod
$F_e$	[N]	síla z Coulombova zákona
$\varphi$		potenciál pole
$J$	[A/m <sup>2</sup> ]	proudová hustota
$\kappa$		nabíjecí konstanta
$K$	[J/K]	Boltzmannova konstanta
$K_1, K_2$		konstanty
$O_c$		celková odlučivost
$P_c$		celkový průnik
$Q_1, Q_2$	[C]	velikost náboje
$\rho$	[ $\Omega\cdot\text{m}$ ]	měrný odpor vrstvy částic
$r_i$		poměr válcové vn elektrody
$s_v$	[m]	vrstva částice
$T$	[K]	absolutní teplota
$tp$	[s]	časová konstanta
$vn$	[V]	vysoké napětí
$vvn$	[V]	velmi vysoká napětí
$\zeta$		hodnota povrchu sběracích elektrod

# 1. Obsah

1. Obsah.....	7
2. Úvod.....	9
3. Základní rozdělení odlučovačů.....	11
3.1. Odlučovače jsou celek skládající se: .....	11
3.2. Odlučovače se rozlišují: .....	11
3.3. Rozdělení odlučování podle relativního postavení.....	12
4. Základní typy odlučování: .....	13
4.1. Mokrý mechanické odlučovače .....	13
4.1.1. Vírové odlučovače (vírníky).....	14
4.1.2. Pěnové odlučovače .....	15
4.1.3. Hladinové odlučovače .....	15
4.1.4. Rotační odlučovače .....	16
4.1.5. Venturiho pračky .....	17
4.2. Suché mechanické odlučovače .....	18
4.2.1. Žaluziové odlučovače.....	19
4.2.2. Cyklónové odlučovače .....	19
4.3. Filtry .....	20
4.4. Kombinované odlučovače .....	21
4.5. Elektrostatické odlučovače.....	22
4.5.1. Základní uspořádání elektrických odlučovačů: .....	23
4.5.2. Základní typy elektrických odlučovačů.....	24
4.5.2.1. Trubkový odlučovač .....	24
4.5.2.2. Komorový odlučovač .....	26
4.5.3. Speciální elektrické odlučovače .....	29
5. Elektrické pole.....	30
5.1. Elektrické pole v trubkovém odlučovači .....	31
5.2. Elektrické pole v soustavě: drát ležící uprostřed mezi dvěma navzájem rovnoběžnými rovinnými deskami.....	32
5.3. Elektrické pole v komorovém odlučovači .....	33

6.	Koróna.....	34
6.1.	Vznik koróny.....	35
7.	Sběrací elektrody elektrických odlučovačů.....	35
7.1.	Elektrody trubových elektrických odlučovačů.....	36
7.2.	Elektrody komorových elektrických odlučovačů.....	36
8.	Elektroda vysokého napětí .....	39
9.	Elektrické vlastnosti částic .....	41
9.1.	Přirozený náboj částic .....	42
9.2.	Umělé nabíjení částic .....	42
9.2.1.	Nabíjení částic elektrickým polem .....	43
9.2.2.	Nabíjení částic difúzí částic.....	44
9.2.3.	Elektrický odpor vrstvy částic .....	44
10.	Celková a frakční odlučivost.....	46
11.	Normy .....	47
12.	Elektrárny v České Republice .....	53
13.	Výrobci.....	59
14.	Závěr.....	68
15.	Použitá literatura: .....	69



## 2. Úvod

Čistota ovzduší je důležitým tématem po celém světě, rozhodl jsem se, že blíže prozkoumám výše uvedená zařízení, která se používají pro čištění ovzduší a následně celé atmosféry.

Spalováním paliv nebo i při jiných činnostech (drcení, mletí) vznikají prašné emise. Odstraňování tuhých látek je oproti odstraňování mnoha plyných škodlivin technicky daleko snazší, neboť je již známo několik účinných metod. Záleží jen na optimálním postupu a správném výběru odlučovače. Proto je důležité co nejlépe znát charakter těchto částic. Pro tento účel se používá zařízení, kterému obecně říkáme odlučovače.

Odlučovače jsou zařízení, které jsou díky svým schopnostem používané nejen v průmyslových podnicích, ale můžeme je najít i na jiných místech, kde je potřeba odloučit různé tuhé, kapalné nebo plyné částice, aby neprošli do ovzduší, atmosféry. Hodně důležitým parametrem při odlučování je také samotná velikost odlučovacích částic. Ta je ve velmi širokých mezích, přibližně od 0,01 až do 1000  $\mu\text{m}$ .

Odlučovače jsem postupně rozdělil do několika základních skupin. Podle druhu a fyzikální podstaty, podle toho, kde je odlučovač umístěn a podle toho jak je použit. Následně jsem popsal podrobně jednotlivé typy odlučovačů (mokrý mechanický, suchý mechanický, filtry, kombinované a elektrostatické odlučovače). U elektrostatických odlučovačů jsem objasnil podstatu jednotlivých typů odlučovačů, kterými jsou trubkový odlučovač, komorový odlučovač a speciální elektrický odlučovač. Elektrostatické odlučovače působí na principu elektrostatického pole a korónového výboje. Tyto dva jevy jsou také v práci popsány. Důležitou funkci v elektrostatických odlučovačích mají dva druhy elektrod – elektroda sběrací a elektroda vysokého napětí.

V práci je také vysvětlena fyzikální podstata nabíjení odlučovaných částic jednotlivými způsoby a jiné fyzikální teorie ovlivňují odlučovací proces. Další část práce je souhrn a přehled několika norem zabývajících se odlučováním a následně bližších popis některých z nich.

Na závěr jsem uvedl seznam jednotlivých uhelných elektráren v České republice, jejich parametry a vlastnosti používaných odlučovačů.

<b>Látka</b>	<b>Rozměry [<math>\mu\text{m}</math>]</b>
<i>Pára kysličníku zinečnatého</i>	0,03 až 0,3
<i>Pára chloridu amonného</i>	0,1 až 1
<i>Dehtové kapičky</i>	0,1 až 1
<i>Pigmenty</i>	0,2 až 5
<i>Tabákový kouř</i>	0,25
<i>Sušené rozprášené mléko</i>	0,1 až 3
<i>Křemenný prach</i>	0,5 až 5
<i>Zinkový prach kondenzovaný</i>	2
<i>Zinkový prach rozprášený</i>	15
<i>Hlinité podíly popílku</i>	řádově 1
<i>Krvinky</i>	2,00 až 10,00
<i>Pavučinka</i>	5
<i>Cementový prach</i>	5 až 100
<i>Popílek létavý (menší podíl)</i>	10
<i>Popílek z práškového topení (hlavní podíl)</i>	15 až 35
<i>Uhelný prach</i>	10
<i>Popílek z práškového topení</i>	1 až 150
<i>Mastek</i>	10
<i>Mouka</i>	15
<i>Děšť</i>	5000 až 500
<i>Jemný déšť</i>	500 až 40
<i>mlha</i>	40 až 0,5
<i>Slévárenský písek</i>	2000 až 200
<i>Prach z čistíren odlitků</i>	200 až 1
<i>Flotační zbytky, rudy</i>	300, 200 až 3
<i>Uhelný prach</i>	400 až 10
<i>Umělá hnojiva</i>	700 až 30
<i>Prach</i>	10 až 1,5 a méně
<i>Saze</i>	0,2 až 0,04

Tab. 1. Rozměry částic různých druhů prachu, které se odlučují [1]

### 3. Základní rozdělení odlučovačů

#### 3.1. Odlučovače jsou celek skládající se:

- a) ze zdroje aerodisperzní příměsí a nosného plynu – může být jednak přírodní zdroj, tak i technologicky vyrobené zařízení. Jak v prvním, tak i ve druhém způsobu se buď teprve vytváří nosné prostředí, nebo tam již existuje, ale pokaždé se tam vytváří aerodisperzní příměs.
- b) z odlučovacího zařízení – tímto zařízením se v nosném plynu zmenšuje množství nežádoucích příměsí
- c) z dodatkových zařízení – zabezpečují funkci odlučovacího zařízení a jeho regulaci, dále funkci, která slouží k dopravě plynu a příměsí od zdroje k odlučovacím zařízení a od odlučovacího zařízení do míst určených povahou investičního úkolu
- d) ze spotřebiče – zařízení, kde je dále využíván plyn, zachycená příměs či obojí.

#### 3.2. Odlučovače se rozlišují:

##### a) Podle druhu a fyzikální podstaty

- mechanické odlučovače mokré a suché
- elektrické odlučovače mokré a suché
- filtry suché a smáčené
- kombinace odlučovačů různého typu

##### b) Podle relativního postavení, kde se odlučovač nachází

- primární proces odlučování – odlučování situováno „bezprostředně“ za zdroj plynu a příměsí. Převážně se jedná o čištění odpadních plynů, které jsou přiváděny pomocí doplňujících zařízení do komína a odtud do volné atmosféry (odlučování popílku ze spalín)
- sekundární proces odlučování – odlučovač je zařazen před spotřebič. Znečištěný plyn je odebrán z prostoru (čištění vzduchu z volné atmosféry), dále také odlučování pomocí recirkulace
- odlučování po frakcích – odlučovač zařazen mezi dvě po sobě následující a na sebe z výrobního hlediska navazující části technologického zařízení (odlučování jednotlivých

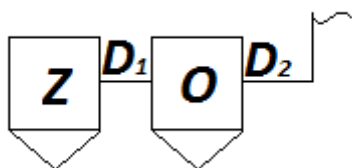
podílů dehtové mlhy – lišící se různou teplotou vypařování). Použití doplňujících zařízení (chladičů).

**c) Podle motivu použití v integrované soustavě**

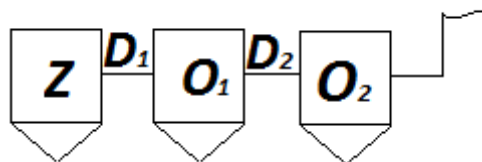
- zabezpečení technologických podmínek výroby z hlediska dalšího využití plynu, příměsí nebo obojí
- ochrana lidského zdraví (souvisí se zvyšování kvality životního prostředí, obzvláště ve velkých průmyslových a sídlištních aglomeracích)
- ochrana vegetace, kdy je potřeba vytvářet přijatelné vegetační podmínky
- ochrana movitého i nemovitého majetku před předčasným opotřebením či znehodnocení

### 3.3. Rozdělení odlučování podle relativního postavení

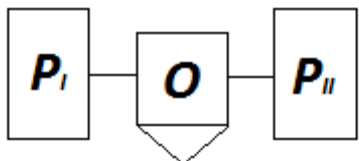
*Odlučování primární – jednoduché*



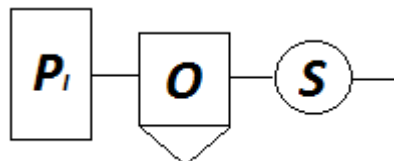
*Odlučování primární – kombinované*



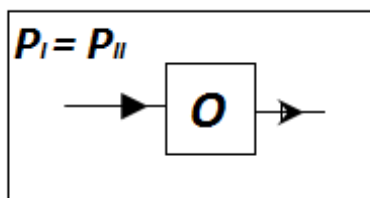
*Odlučování sekundární*



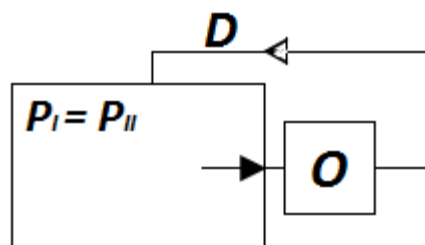
*Odlučování sekundární*



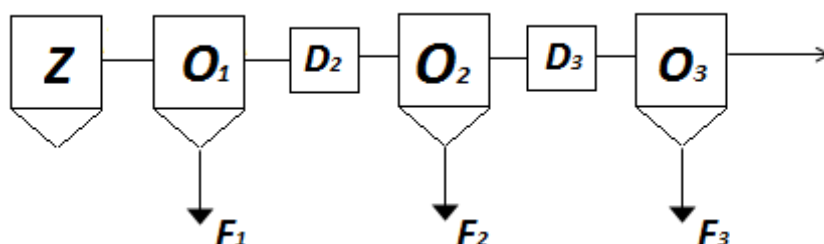
*Odlučování v recirkulaci – vnitřní*



*Odlučování v recirkulaci – vnější*



### Odlučování po frakcích

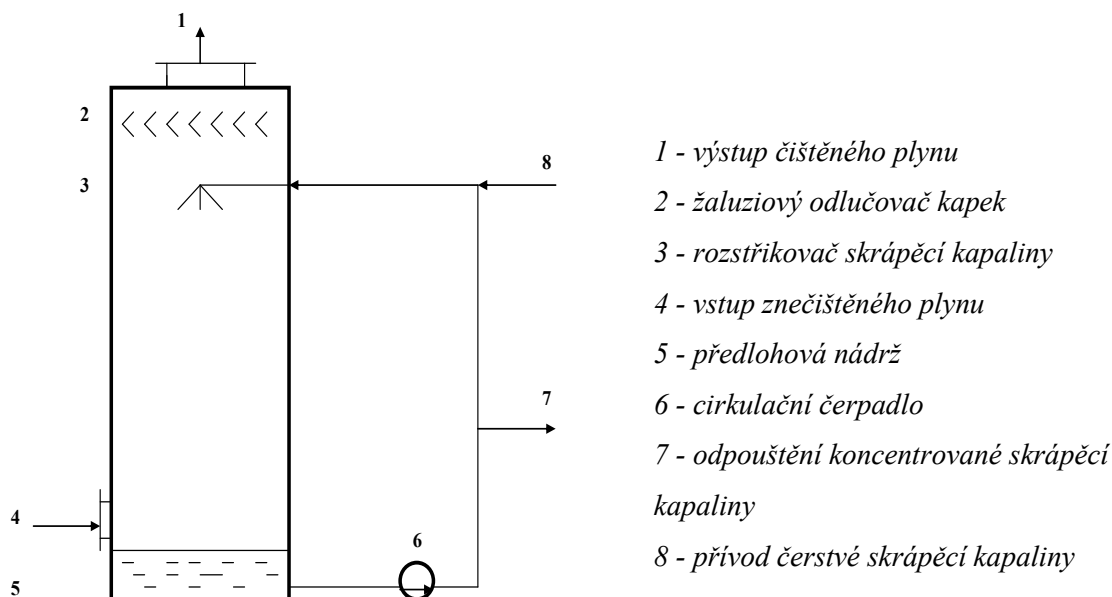


(*Z* – zdroj, *O* – odlučovače, *D* – dodatková zařízení, *S* – spotřebič,  $P_I, P_{II}$  – vstupní, výstupní zařízení, *F* – frakce příměsi)[2]

## 4. Základní typy odlučování:

### 4.1. Mokré mechanické odlučovače

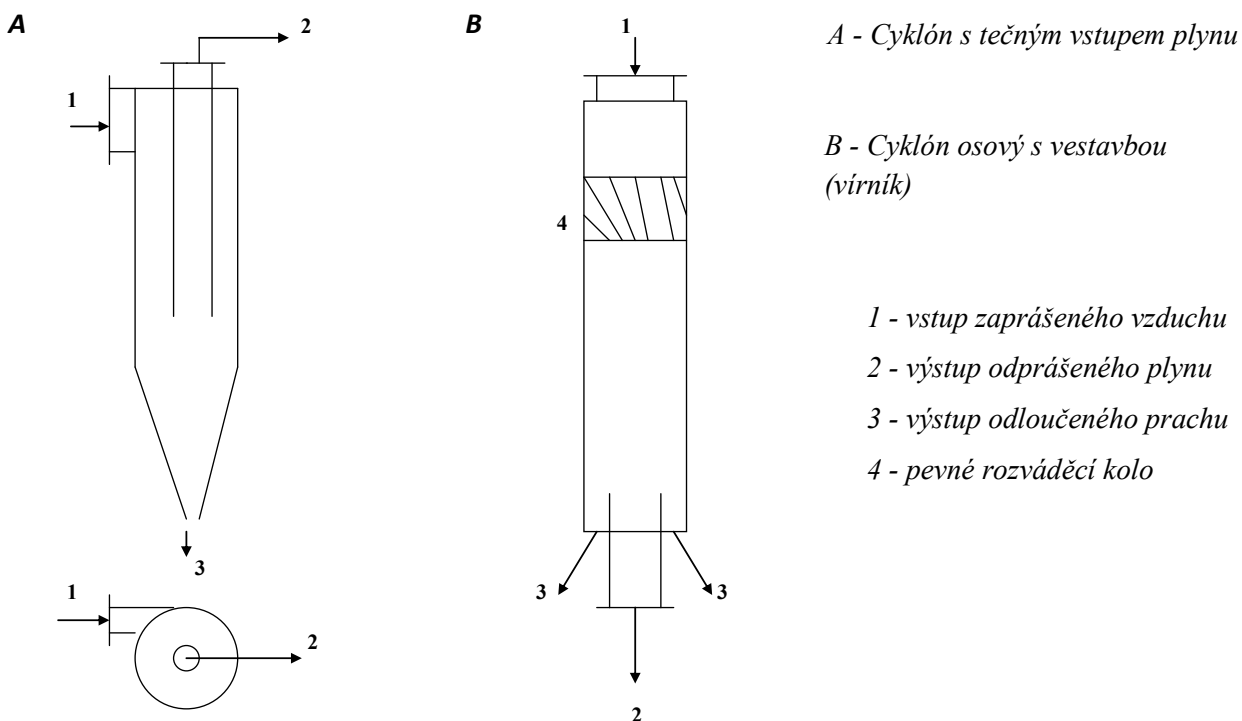
Jako záchytné médium je u těchto odlučovačů použita kapalina (převážně voda). Vychází se zde ze skutečnosti, že hmotnost a rozměr odlučovaných částic je jedna z hlavních a důležitých vlivů na účinnost odlučivosti. V tomto typu odlučovačů jsou odlučované částice smáčené kapalinou a tím se jejich rozměr a váha několikanásobně zvětší a odloučení těchto částic je pak už daleko snazší.



Obr. 1.: Sprchová věž bez výplně [9]

#### 4.1.1. Vírové odlučovače (vírníky)

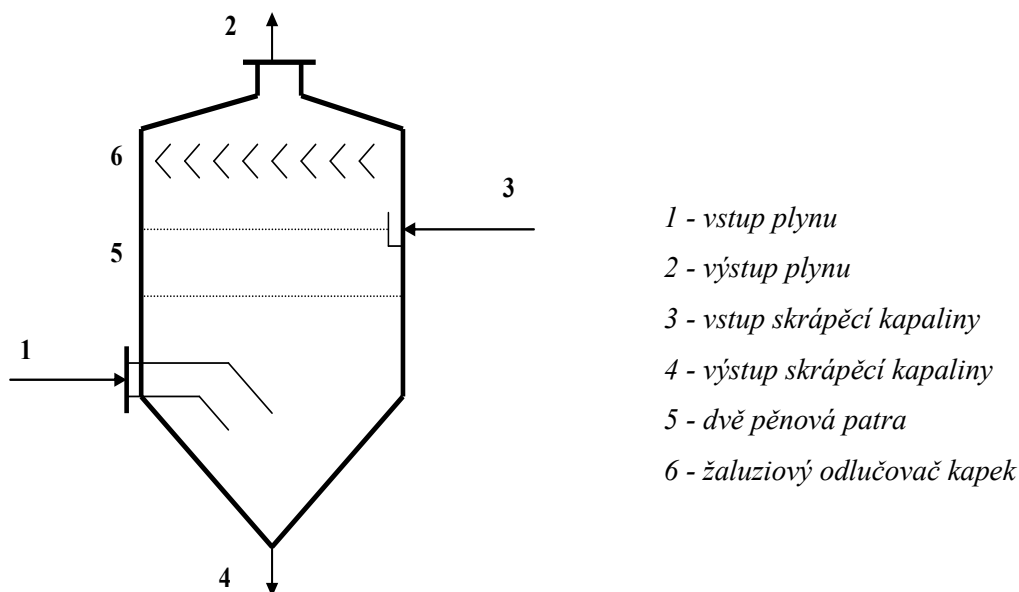
Patří mezi nejrozšířenější mechanické odlučovače. Využívají odstředivé síly, které vznikají, jakmile se proud plynu začne rotačně pohybovat – od toho je odvozen i jejich běžně používaný název – cyklóny. Účinnost tohoto odlučovače je závislá na rychlosti plynu v cyklónech. Toho se dá docílit např. zužováním průměru. Tyto však nemají dostatečný výkon a tak se řadí do bloků, kde se jejich výkony sčítají. Soustavu takto paralelně zařazených cyklónů označujeme jako skupinový odlučovač (multicyklón). Výhodou těchto odlučovačů je jejich velká účinnost, provozní nenáročnost, jednoduchost, možnost použití pro velmi horké plyny. Nevýhodou odlučovače je pak závislost na rychlosti průtoku plynu a jsou nevhodné pro požívání na lepidlo prach.



Obr. 2.: Vírové odlučovače[8]

### 4.1.2. Pěnové odlučovače

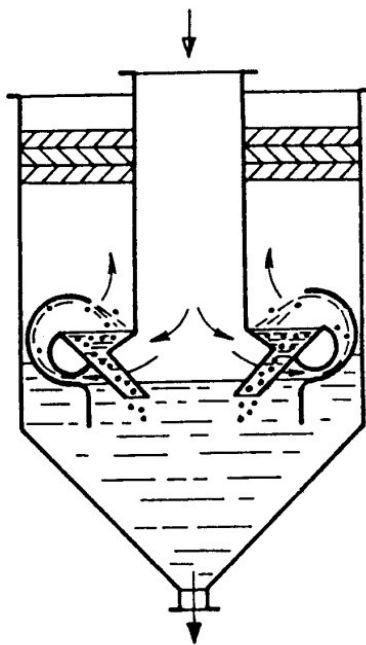
Plyn, vstupující do odlučovače zespod je promývaný vodou, která do odlučovače vstupuje ze shora. Po usazení kalu se odsazená voda vrací zpět k vypírání. Touto metodou můžeme odlučovat plyny s příměsí až  $0,5 \text{ kg/m}^3$ . Malý rozsah pracovních průtoků a velká tlaková ztráta je u tohoto typu odlučovačů jejich nevýhodou.



Obr. 3.: Pěnový odlučovač[8]

### 4.1.3. Hladinové odlučovače

U těchto odlučovačů využíváme vody, která prochází jejich štěrbinou společně s čištěným plynem. Ta je strhávána z hladiny konstantní výšky. Využívají zákonů odstředivé síly, které působí na částice procházející štěrbinou. Stěna štěrbiny je omývána strženou vodou a při průchodu vodní clonou. Voda ve skříni odlučovače zůstává. Ztrátovým činitelem jsou odpary, úlet kapek v odtažovaném kalu. Tento typ odlučovačů má vysokou účinnost, odlučují i částice o velikosti okolo  $1 \mu\text{m}$ . Nevýhodou je vcelku vysoká tlaková ztráta.

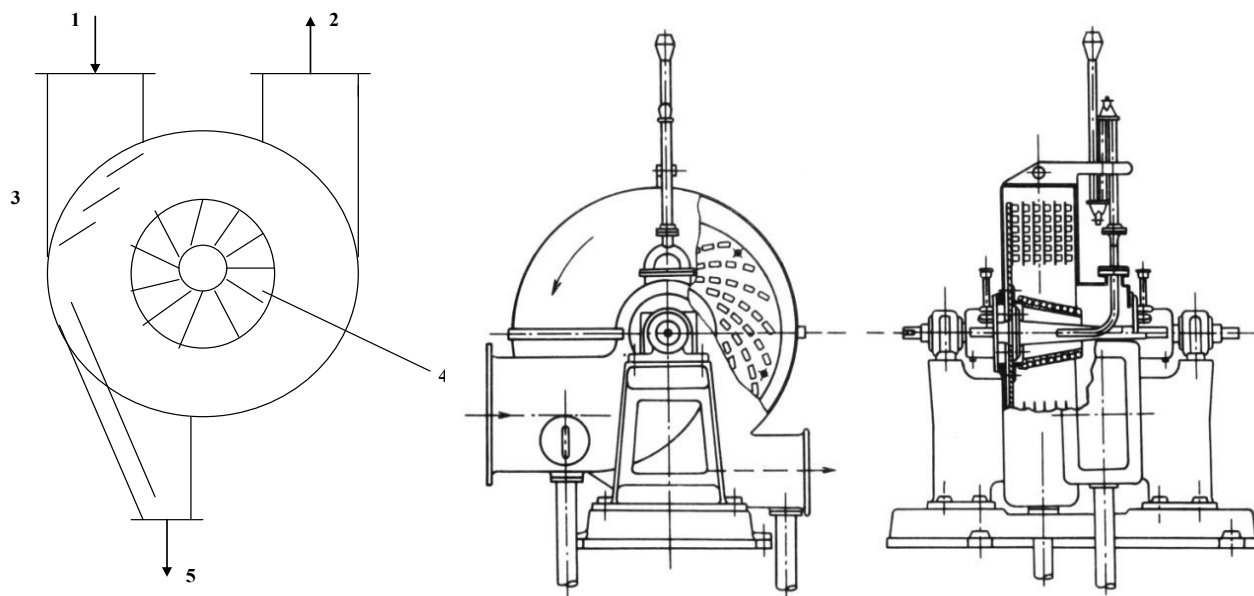


*Obr. 4.: Hladinový odlučovač [10]*

#### 4.1.4. Rotační odlučovače

Někdy také označovány jako mechanické pračky – deintegrátory. Jejich základními částmi jsou stator, rotor (stator i rotor je tvořený prstencově umístěnými tyčemi) a speciální spirální skříň. Principem těchto odlučovačů je přívod plynu, který je přiváděn středem, kde se mísí s vodou. Voda je ve středu rozstříkována děrovaným kotoučem, tvořící náboj rotoru. Pomocí fyzikálních zákonů (odstředivé síly) se voda dostane až okraj kotouče a odtud je pak pomocí tzv. rotorových lopatek odváděna. Výhodou tohoto typu odlučovače je ten, že nemá tlakovou ztrátu, ale díky energii, kterou dodává pohon rotoru, má dokonce tlakový zisk. Nevýhodou jsou vysoké výrobní a provozní náklady. Dále nižší spolehlivost.



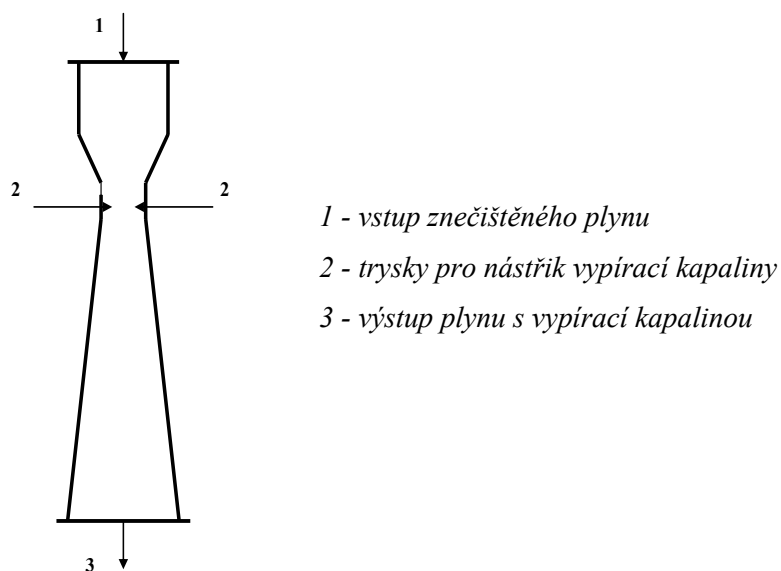


- 1 - vstup znečištěného plynu
- 2 - výstup odprášeného plynu
- 3- žaluzie
- 4 - rotor
- 5- výsyp odloučeného prachu

Obr. 5.: Rotační odlučovače [10]

#### 4.1.5. Venturiho pračky

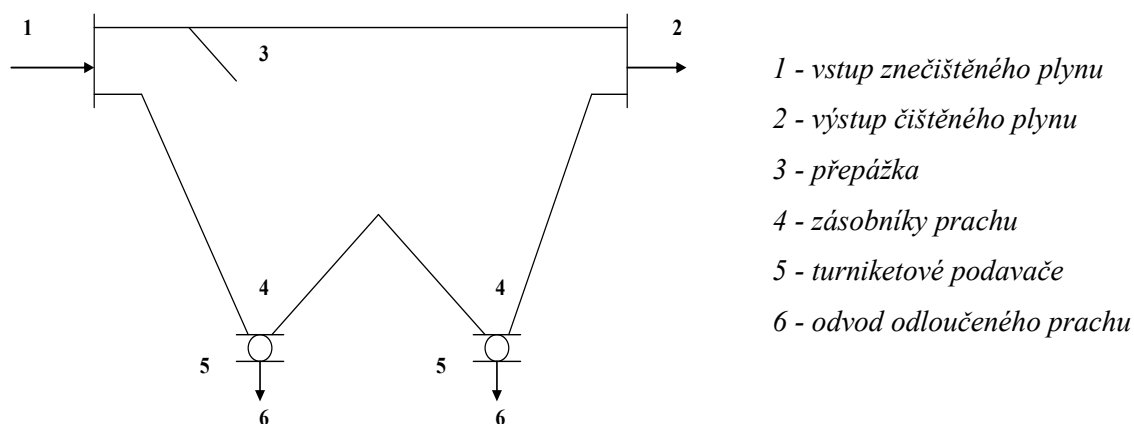
Tyto zvláštní odlučovače se používají na odlučování velmi malých příměsí (řádově desetiny  $\mu\text{m}$  a ještě menší). Do velmi rychle procházejícího plynu (až  $100\text{m/s}$ ), který prochází s částicemi kuželovitou trubicí, se nastříkne voda. Ta se tříští do kapiček o velikosti mikronů a dojde k dokonalému smíšení čistěného plynu s vodou. Používají se v chemickém průmyslu nebo při spalování nebezpečných a komunálních odpadů. Venturiho pračku nazýváme dále jako proudový odlučovač Venturi, který má velmi vysokou účinnost 98 – 99% (patří mezi nejúčinnější mokré mechanické odlučovače).



Obr. 6.: Venturiho pračka [8]

## 4.2. Suché mechanické odlučovače

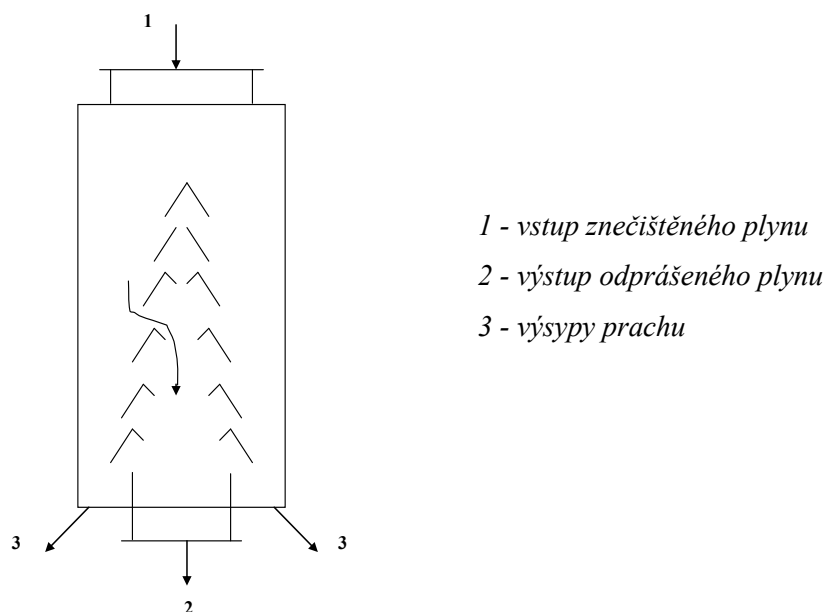
Tyhle typy mechanických odlučovačů pracují na základě gravitační síly nebo setrvačné síly. Využívají rozdílu měrné hmotnosti tuhých částic a měrné hmotnosti plynu. Tento typ odlučovačů má však velmi malou účinnost, ani ne 50%. Odlučují se částice o velikosti 0,3 mm a větší (tvrdé materiály s velkou hustotou - prachy rud kovů). Proto se v praxi využívají minimálně nebo jako předodlučovač jiných typů odlučovačů.



Obr. 7.: Usazovací komora[9]

### 4.2.1. Žaluziové odlučovače

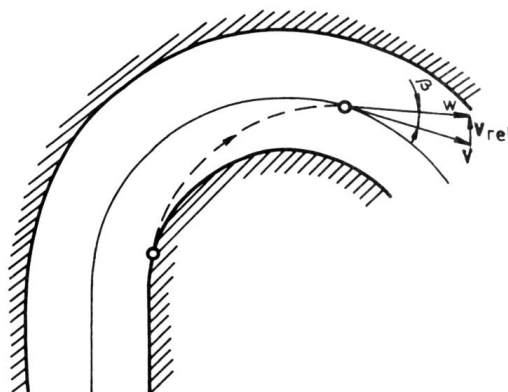
Tento typ odlučovačů je málo rozšířeným. K odlučování příměsí se zde používají kovové úhelníky či přepážky – žaluzie. Odlučuje se jemný prach s velikostí částic kolem  $100\mu\text{m}$ . Princip spočívá v tom, že procházející plyn prudce změní směr a částice setrvačností nestačí v tomto směru vybočit a naráží na žaluzie a padají dolů směrem k dílčímu odběru proudu plynu. Jejich nevýhodou je malá účinnost a používají se jako předodlučovače. Výhodou je, že mohou být použity pro vysoké teploty. V ČR se nevyrábí.



Obr. 8.: Žaluziový odlučovač [9]

### 4.2.2. Cyklónové odlučovače

Odlučovače tohoto typu využívají působení gravitační a setrvačné síly. Rozdíl hustot vzduchu a tuhých příměsí udávají tyto síly. U tohoto odlučovače se využívá zakřivení dráhy. Odlučované částice se vychyluje ke stěně (radiálně). Vyšší účinnost odlučovačů se dosahuje tím, že se volí větší poměr mezi výškou a šířkou odlučovače nebo nižší poměr vstupního a výstupního otvoru k ploše celkového průřezu. Cyklónové odlučovače se používají jakou předodlučovače před elektrickými odlučovači nebo také před látkovým filtrem. Výhodou je, že se můžou používat při vysokých teplotách, odlučivost výbušného prachu, hořlavého nebo prachu s nízkým měrným odporem.



Obr. 9.: Cyklónový odlučovač [8]

### 4.3. Filtry

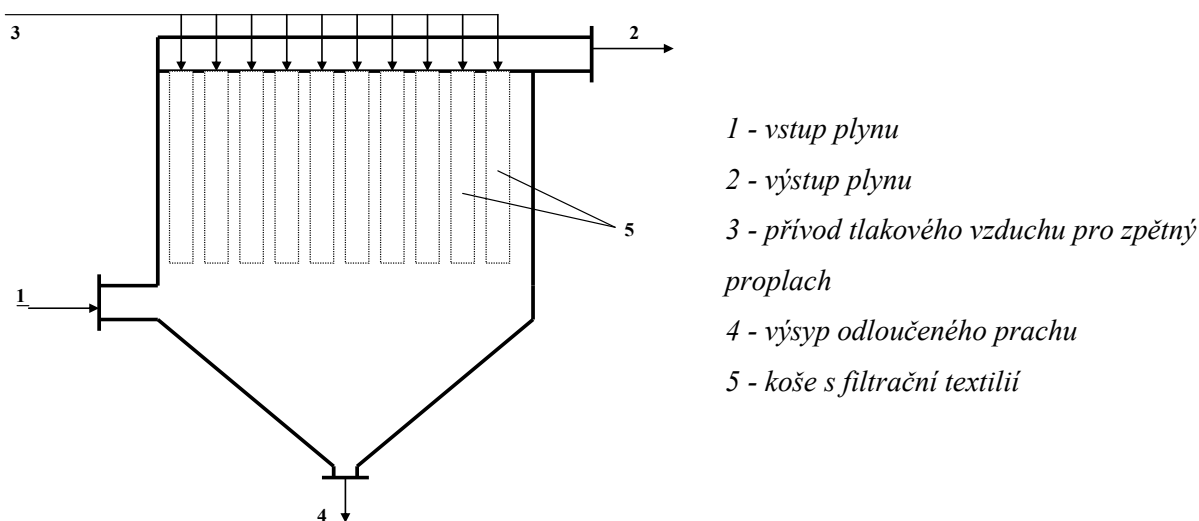
Pro odloučení částic se používá vrstva vláken. Dále také zrnité nebo porézní hmoty. Nejčastějším způsobem je použití tkaninových filtrů, které se s postupem času dostávají stále více do popředí díky vývoji stále nových tkanin, které mají výrazně lepší technické parametry (mechanická a tepelná odolnost). Odlučovací příměsi se zachycují základním principem filtrace, a to ten, že se částice, které neprojdou otvorem, zachytí na povrchu, kde poté vzniká filtrační koláč. Atmosférický vzduch odfiltruje znečištění řádově  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Tyto tkaniny se používají pouze jednou a nijak se nečistí (neregenerují). Naopak je tomu v průmyslových filtracích, kde se čistí vzduch s mnohem vyšším obsahem tuhých částic. Tam se filtrační koláč tvoří rychle a tyto filtry se čistí (regenerují). Způsobů jak tyto filtry čistit je několik (otřepáním, tlakovým rázem, zpětným tokem plynu). Filtry jsou vytvářeny jak z umělých, tak i přírodních vláken a jsou buďto tkané nebo netkané.

Bavlněné filtry pracují do  $80^\circ\text{C}$ , skleněné a teflonové filtry snesou teplotu kolem 200 až  $300^\circ\text{C}$ , filtry pro vyšší teploty jsou tvořeny z kovových vláken.

#### Rozdělení filtrů dle tvaru filtrační látky:

- Hadicové - uspořádání tohoto typu užívá hadice z filtrační látky s různou délkou a různým průměrem. Hadice jsou vyztužovány všítymi kroužky, převážně když proudí plyn zvnějšku dovnitř.
- Kapsové - uspořádání kapsových filtrů se vyznačuje filtrační látkou, která je upravena do obdélníkových nebo plošných tvarů, obsahující drátěnou vložkou (ta udržuje tvar kapes).

Regenerace filtrů je důležitou součástí filtrace (ta nastává po dosažení tlakové ztráty na hodnotu, kterou označujeme jako „neúnosnou“). Mezi základní regeneraci patří zpětný proplach nebo pulzní proluk. U hadicových typů filtrů se může regenerace kombinovat společně s mechanickým čištěním (otřásání hadic). To však snižuje životnost příslušné tkaniny. V dnešní době je však technologická výroba tkanin na hodně vysoké úrovni a filtry jsou použity téměř ve všech případech odlučování částic. Mezi jejich výhody patří nízké pořizovací náklady, provozní spolehlivost a vysoká účinnost (nad 99%). Nevýhodou filtrů je, že se nedají použít na vlhké plyny, které mají rosný bod vyšší než je teplota plynu, který prochází filtrem a také, že se nedají použít pro odlučování lepivých příměsí. Dále se používají filtry se slinutými nebo zrnitými vrstvami. Pro teploty nad 500°C se používají filtry s dolomitem nebo pískem.



Obr. 10.: Textilní filtr [8]

#### 4.4. Kombinované odlučovače

Soustava skládající se jak z mechanického, tak elektrického odlučovače zapojeny tak, že odlučovaná příměs prochází nejprve mechanickým odlučovačem a poté vstupuje do elektrického. Takové uspořádání je dáno charakteristickými vlastnostmi jednotlivých odlučovačů

- Mechanické odlučovače jsou selektivní, křivka jejich frakční odlučivosti s rozměrem odlučovacích příměsí stoupá. Vhodné pro odlučování hrubých až středně hrubých zrnitých frakcí příměsí. Odlučivost je málo závislá na odchylkách od jmenovitého zatížení

- Elektrické odlučovače jsou málo selektivní, křivka jejich frakční odlučivosti je plochá. Jsou vhodné pro odlučování středních až jemných zrnitých frakcí příměsí. Odlučivost je závislá na zatížení – čím menší zatížení, tím větší odlučivost zařízení.

Použití této kombinace je jen ve velmi zvláštních, technicky zdůvodněných případech. Tam, kde je potřeba zmenšit nepřiměřeně velké koncentrace výrazně polydisperzních příměsí v plynu. Mechanický odlučovač je i zde v provedení jako mnohočlánkový (odlučovací prvky s individuální odlučivostí 0,5 až 0,8).

#### 4.5. Elektrostatické odlučovače

Tento typ odlučovačů využívá principu přitažlivých sil mezi elektricky nabitou elektrodou a nabitými částicemi prachu, které jsou nabitě opačně. Toho se dosahuje působením elektrostatického pole vytvořeného v elektrickém odlučovači. Zde působí jako přenašeč náboje ionty ionizovaného plynu. Každý takový odlučovač obsahuje dvě elektrody. Jedna s docela velkou plochou – sběrací. Druhá, podstatně menší – nabíjecí (sršící) elektroda. Na nabíjecí elektrody je přiloženo stejnosměrné napětí opačné polarity. Napětí se zvedá až na určitou hodnotu, které říkáme kritická. Mezi elektrodami začne procházet proud a to kvůli ionizaci molekul plynu v blízkosti nabíjecí elektrody. Na ní vzniká klidný výboj, kterému říkáme koróna. Se stoupajícím napětím roste i procházející proud, ale jen do doby než přejde k přeskoce a korónu již nelze vytvořit. Stabilita koróny závisí na povrchu nabíjecích elektrod, které jsou tvořeny tenkým drátem různého průřezu, napnuté ve vzdálenosti přibližně 15 – 20 cm. Dále stabilita koróny závisí na napětí, které je na ně přiloženo. Záporné napětí umožňuje vznik stabilní koróny i při vyšším napětí.

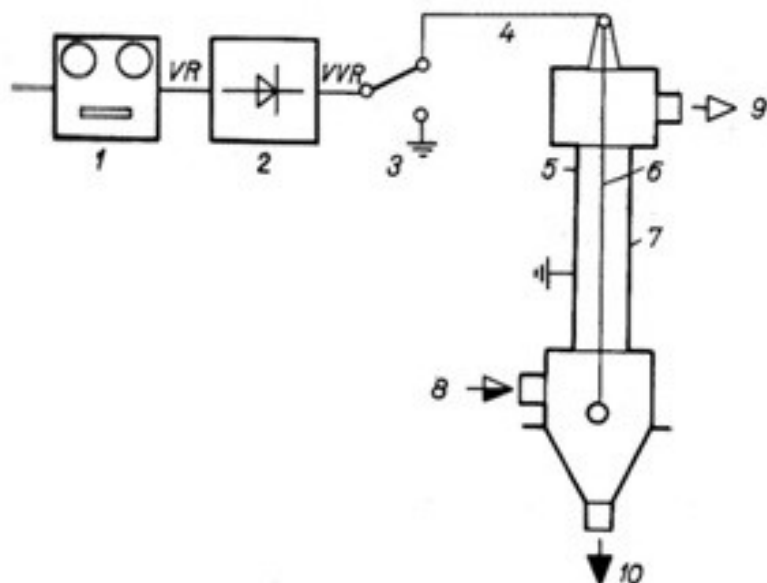
Sběrací elektrody mívají různý tvar, který je určován konstrukcí odlučovače. Bývají to desky různých tvarů nebo trubky ve vzdálenosti 30 až 40 cm. Částice umístěné po odloučení na těchto elektrodách se nejčastěji oklepávají pomocí kladiv, které jsou umístěny přímo v odlučovači. Výhoda těchto typů odlučovačů je hlavně jejich vysoká účinnost – až 99,9% (závisí na napětí (55 – 75 kV) – čím vyšší napětí na elektrodách, tím vyšší účinnost odlučovače). Další výhodou je malá tlaková ztráta, která bývá mezi 20 – 100 Pa. Odlučují vysoké průtoky znečištěných plynů. Vydrží teploty až 380°C. Odlučovače dokážou odloučit příměsí i o velikosti 0,01  $\mu\text{m}$ . Používají se například pro odlučování popílku ze spalování uhlí, sazí z mazutových kotlů, čištění odpadních plynů z hutnictví, cementáren, spaloven komunálního odpadu. Díky spolehlivým zdrojům vysokého napětí zaznamenávají tyto typy odlučovačů velké rozšíření.

### 4.5.1. Základní uspořádání elektrických odlučovačů:

Elektrické odlučování je pojem zahrnující soubor několika zařízení zapojených tak, aby odlučovač správně pracoval a dal se také co nejpohodlněji řídit.

**Mezi tyto zařízení patří:**

- rozvaděč – napájí usměrňovací stanici, bývá vytvořen jako podružný rozvaděč a pokud je použita usměrňovací stanice, tak je umístěn v ní
- rozvaděč usměrňovače – všechny ovládací a měřicí přístroje nutné k provozu jsou umístěny na něm
- usměrňovač – převážně polovodičového typu s příslušenstvím (dříve rotačního typu)
- rozvod vysokého stejnosměrného napětí s přepínači vn a jističi včetně kabelových koncovek v usměrňovací stanici a v odlučovači
- elektrický odlučovač – trubkový nebo komorový
- zařízení, které po použití usměrňovací stanice ji doplňuje vybavením



- 1 - rozvaděč usměrňovače
- 2 - usměrňovač
- 3 - přepínač vvn
- 4 - vedení k odlučovači
- 5 - elektrický odlučovač
- 6 - elektroda ionizační
- 7 - elektroda sběrací
- 8 - vstup plynu
- 9 - výstup plynu
- 10 - odsun příměsí

Obr. 11. Rámcové uspořádání elektrického odlučovacího zařízení [2]

Konstrukční uspořádání elektrických odlučovačů, které se jeví zprvu, jako jednoduchá záležitost není až tak jednoduchá. Přes některé základní konstrukční uspořádání a rysy se odlučovače přizpůsobují, zvláště uspořádáním aktivní částí, druhem a vlastnostmi odlučované příměsi. Dále také podmínkám, ve kterých k odlučování dochází. Konstrukce je závislá i na výrobcích, kteří chtějí mít i z komerčního hlediska originální řešení.

**Jejich rozdílnost je dále dána:**

- druhem a provozními podmínkami zdroje příměsi a nosného plynu (druhem, složením vlastnostmi aerodisperzní příměsi a nosného plynu)
- snahou o co největší počet stejných dílů kvůli čemu je možné snížení ceny
- výrobními zvyklostmi a výrobně ekonomickými hledisky výrobců
- komerčním hlediskem, kdy by měl mít odlučovač takové konstrukční uspořádání, aby byl schopen soutěživosti na trzích

## **4.5.2. Základní typy elektrických odlučovačů**

### **4.5.2.1. Trubkový odlučovač**

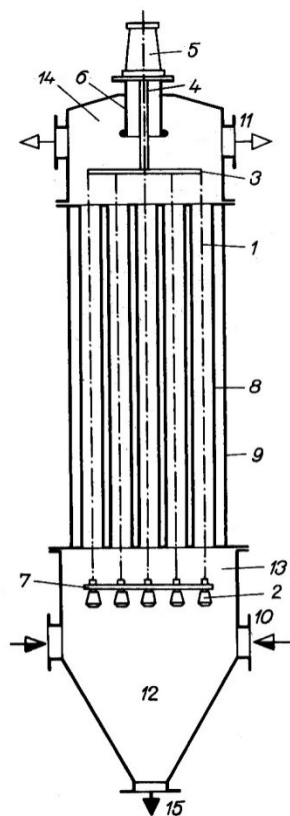
Tento typ elektrického odlučovače je složen ze skupiny svislých trubkových odlučovacích prvků. Vstupní i výstupní komora je v této skupině prvků společná. Počet odlučovacích prvků v sekci (velikost sekce) se řídí těmito hledisky:

- a) možnost oklepávání bloku elektrod – jen při suchém odlučování
- b) možnost napájení bloku – velikost napětí a proudu
- c) při případných skocích, kterým se provoz odlučovače nevyhne, aby následky postihující vždy celou sekci byli v co nejmenším rozsahu
- d) s přibývajícím členění odlučovačů do malých skupin se zvětšují rozměry a náklady

Požadujeme proto, aby odhadnutí rovnováhy při návrhu odlučovače bylo mezi spolehlivostí provozu, rozměry a také mezi ekonomickým hlediskem co nejšušdnější. Sekce při čistění většího objemu plynu jsou zabudovány do společné skříně, kde jsou oklepávány samostatně a mají tu výhodu, že jsou napájeny zvlášť. Tyto trubkové odlučovače jsou první generací, které se používaly i k odlučování tuhých příměsí



suchým způsobem. Dnes se už však k odlučování většího množství plynu nepoužívají. Používají se k odloučení malých množství plynů, k odlučování kapalných příměsí (odlučování dehtu) nebo k záměrnému použití kapalného filmu (převážně voda) na sběracích elektrodách ke zvýšení adsorpce a k účinnému odplavování odloučených příměsí.



- 1 - ionizační elektroda
- 2 - napínací závaží
- 3 - závěsný rám
- 4 - Závěsné táhlo
- 5 - ionizátor
- 6 - ochranná trubka
- 7 - vodící rám
- 8 - sběrací elektroda
- 9 - skříň
- 10 - vstupní hrdlo
- 11 - výstupní hrdlo
- 12 - sběrač
- 13 - vstupní komora
- 14 - výstupní komora
- 15 - odsun zachycené příměsí

Obr. 12. Schematické zobrazení  
trubkového odlučovače [2]

### Charakteristické vlastnosti:

- a) osová souměrnost odlučovacích prvků a s ní související větší odlučitelnost prvku (multiplikativní součinitel  $\alpha = 2$  v Deutschově rovnici) při stejném poměru L/R
- b) směr proudění plynu je totožný se směrem pádu příměsí (má však opačný smysl). Příměs, která je odloučená padá po dráze dlouhé minimálně čtyři metry, tam je vystavena působení proudu plynu a její část je strhávána do úletu. K tomu dochází i v místech, kde příměs opouští odlučovací prvek a padá přes vstupní komoru do sběračů

- c) ionizační elektrody zavěšené na závěsném rámu, jsou napínány individuálně závažími. Aby se omezilo kývání elektrod, prochází na svém spodním konci vodícím ramenem, které je společné ionizačním elektrodám jedné sekce
- d) oklepávací zařízení je zpravidla společné pro všechny elektrody jedné sekce. Pro zmenšení úletu můžeme omezit tím, že se průtok plynu oklepávací sekcí uzavře, ale sekce zůstane pod napětím
- e) nesnadné rovnoměrné rozdělení proudu plynu a příměsí po průřezu odlučovače

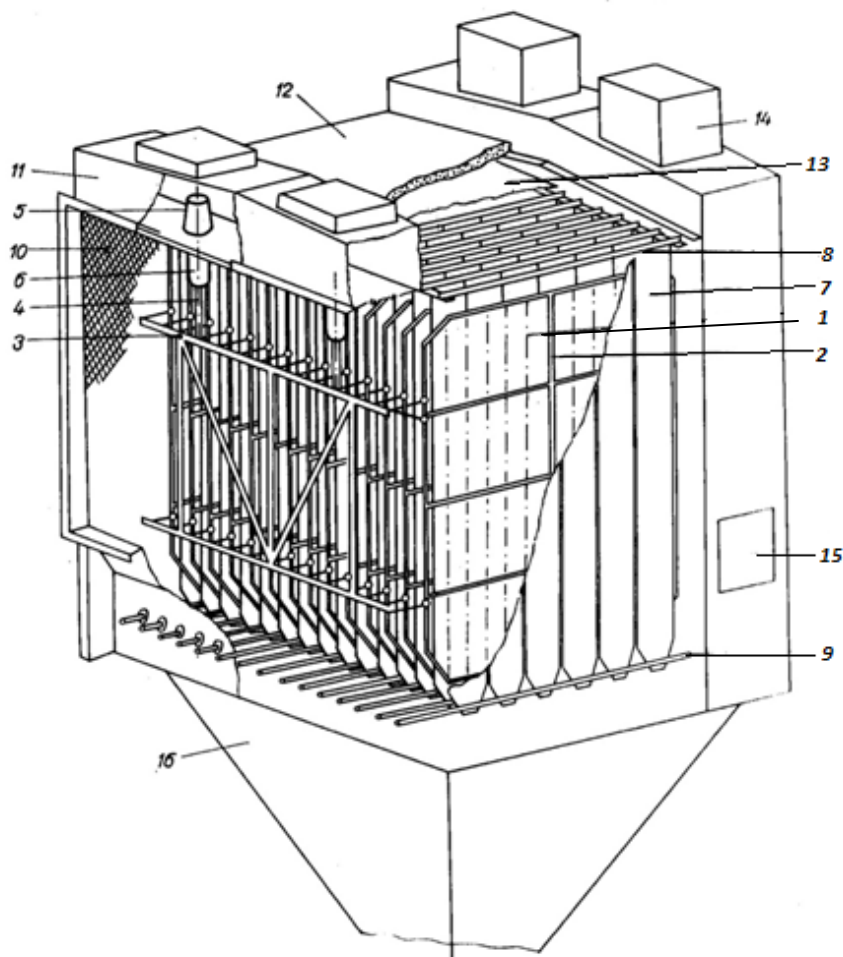
Skříně trubkových odlučovačů jsou buď válcového nebo obdélníkového průřezu. Materiál trubkového odlučovače je kovový (dříve byl zděný nebo dokonce betonový). Tepelná izolace má zajistit nezávislost provozních podmínek na povětrnostních podmínkách a případných změnách. Musí být plynotěsná (při narušení izolace hrozí narušení funkce odlučovače nebo vytváření podmínek k výbuchu). Při odlučování chemicky agresivních příměsí se vykládá odlučovač např. olovem, kyselinovzdornou keramikou nebo i PVC – pro správnou funkci musí být však zajištěno bezvadné spojení všech dílů vyložení.

#### 4.5.2.2. Komorový odlučovač

Komorové odlučovače jsou z hlediska vývoje druhou generací elektrických odlučovačů. Používají se pro suché odlučování velkých množství technologických nebo odpadních plynů. Někdy i pro odlučování kapalných příměsí.

##### Podle uspořádání se dělí:

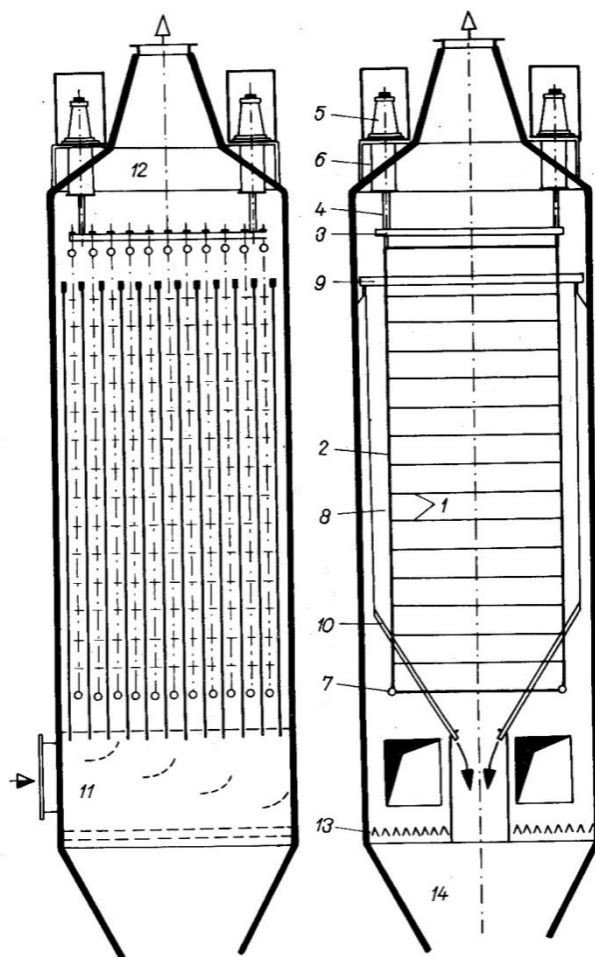
- a) komorové odlučovače horizontální – plyn proudí v horizontálním směru. Odlučovače tohoto typu jsou nejvíce používané, mají však jednu nevýhodu – jsou příliš velké. K omezení strhávání příměsí proudícím plynem se používají uzavřené (kapsové), polootevřené (žlábkové) elektrody nebo otevřené elektrody se zábranami.



- 1 - ionizační elektroda
- 2 - nosný rám ionizačních elektrod
- 3 - závěsný rám
- 4 - závěsné táhlo
- 5 - izolátor
- 6 - ochranná trubka
- 7 - sběrací elektroda
- 8 - nosný rám sběrací elektrody
- 9 - vodící a oklepávací trámy
- 10 - rozdělovací stěna
- 11 - nosník skříně
- 12 - střecha skříně
- 13 - mezistrop
- 14 - komůrky izolátorů
- 15 - průlez
- 16 - sběrač

Obr. 13. Komorový horizontální odlučovač [2]

- b) komorové odlučovače vertikální – plyn proudí svisle (obvykle zdola nahoru). Používají se především ve zvláštních případech (odlučování uhlého prášku z brýd). Mají tu výhodu, že jsou oproti komorovým odlučovačům horizontálním menší a proto se používají na místa, kde se tyto nevejdou. K omezení strhávání příměsí proudícím plynem se používají uzavřené elektrody.



- 1 - ionizační elektroda
- 2 - nosný rám ionizačních elektrod
- 3 - závěsný rám ionizačních elektrod
- 4 - závěsné táhlo
- 5 - izolátor
- 6 - ochranná trubka
- 7 - distanční rám
- 8 - sběrací elektroda
- 9 - nosný rám sběrací elektrody
- 10 - skluzu prachu
- 11 - vstupní komora
- 12 - výstupní komora
- 13 - zábrany
- 14 - komůrky izolátorů
- 14 - sběrač

Obr. 14. Komorový vertikální odlučovač [2]

#### Společné znaky vertikálního a horizontálního komorového odlučovače:

V obou typech odlučovačů plyn unášející příměs proudí napříč soustavy ionizačních elektrod. Rozložení elektrostatického pole ve směru proudění plynu je při periodickém uspořádání soustavy ionizačních elektrod periodické. Sběrací elektrody jsou uspořádány tak, aby každá z nich oddělovala vždy dvě sousední komory a současně musí sloužit oboustranně k ukládání a odvádění příměsí (sběrací elektrody mají většinou rovinový charakter). Jsou konstruovány tak, aby vytvářely dobré podmínky pro odvádění a ukládání odlučované příměsí. Jedná se hlavně o omezení strhávání příměsí proudem plynu, o co se starají různé typy sběracích elektrod. Sběrací elektrody jsou oklepávány cyklicky a postupně (při odlučování tuhých příměsí) a v takovém pořadí, aby během jednoho úplného cyklu byla každá elektroda oklepávána jen jednou a aby dvě po sobě oklepávající elektrody nepřiváděly do této samé komory příměs.

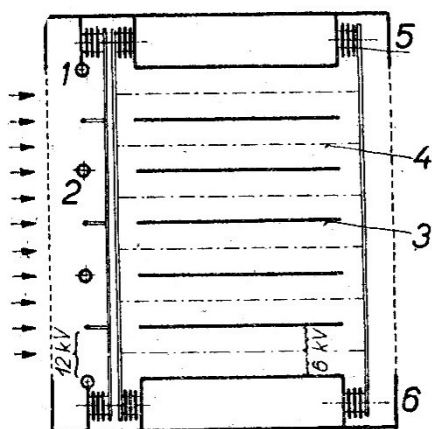
Ionizační elektrody drátové nebo hrotové jsou upevněny do nosných rámců (u horizontálních – zavěšení elektrod na závěsném rámu a napnutí závažím).

### 4.5.3. Speciální elektrické odlučovače

Tento typ odlučovačů se používá většinou při elektrickém čištění vzduchu, odlučování sekundárním (odlučování u spotřebiče). Především pro snížení působení ozónu, vznikající při korónovém výboji, který při větší koncentraci působí nepříznivě na lidský organismus. Vzduch nejprve prochází úzkým ionizačním pásmem, kde se částice nabíjí. Ionizátor je tvořen rovnoběžnou řadou trubek a tenkých drátů, ležící kolmo k směru proudu plynu. Z ionizátoru putují částice do sběrací části (tvořena dvěma svazky navzájem mezi sebe zasahující desky, jeden svazek připojen ke kladnému (izolován od země), druhý k zápornému pólu zdroje vysokého napětí (uzemněn)).

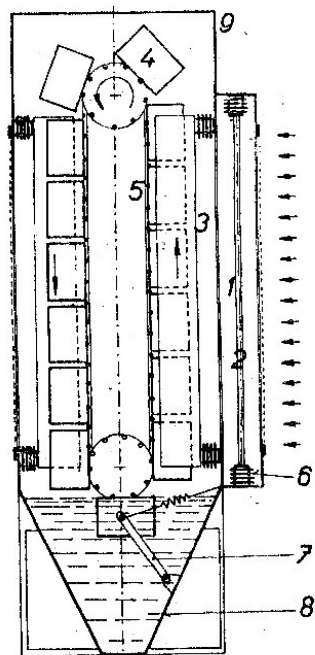
- Klidové – čištění elektrod nárazově ostřikováním při vypnutém napětí
- Oběhové se samočištěním elektrod – záporný svazek unášen článkovým řetězcem vedeným a poháněným řetězovými koly (soustava se otočí dokola za 24 hodin)

Ve spodní části odlučovače je nádrž s kapalinou (viscinnový olej), který zvětšuje adsorpci částic k povrchu elektrod a zlepšuje smývání částic zachycených na elektrodách brodících se kapalinou. Čištění klidových elektrod se provádí pomocí škrabáků.



- 1 - trubky ionizátoru (země)
- 2 - dráty ionizátoru (izolo.)
- 3 - sběrací desky (země)
- 4 - sběrací desky (izolo.)
- 5 - izolátory
- 6 - skříň

Obr. 15. Schematické znázornění speciálního stabilního odlučovače [1]



- 1 - trubky ionizátoru (země)
- 2 - dráty ionizátoru (izolo.)
- 3 - stabilní elektrody (izolo.)
- 4 - oběžné elektrody (země)
- 5 - řetěz
- 6 - izolátory
- 7 - stěrač
- 8 - nádržka oleje a kalu
- 9 - skříň

Obr. 16.: Speciální odlučovač se samočinným čištěním elektrod [1]

## 5. Elektrické pole

Elektrické pole je velmi důležitou součástí elektrických odlučovačů, jeho tvar i velikost mezi elektrodami. Elektrické pole působí na průběh odlučování buď bezprostředně – vyvolává silové působení na částice a také zprostředkovaně, tak že za určitých podmínek způsobuje nárazovou ionizaci plynu (korónu) a částice jsou vzniklými ionty plynu nabíjeny. Oba procesy na sebe jednak navazují, ale také se současně navzájem ovlivňují. Místo v elektrostatickém poli, kde dochází k ionizaci plynu, nazýváme ionizační oblast a vychází z podmínky  $E > E_{krit}$ . Ke stanovení hodnoty  $E_{krit}$  využíváme vztah White – Brownův

$$E_{krit} = K_1 \cdot \beta_p \left( 1 + \frac{K_2}{\sqrt{\beta_p \cdot r_i}} \right) \quad (1)$$

$K_1$  a  $K_2$  – konstanty závislé na složení plynu, konfiguraci elektrod, polaritě a tvaru napětí

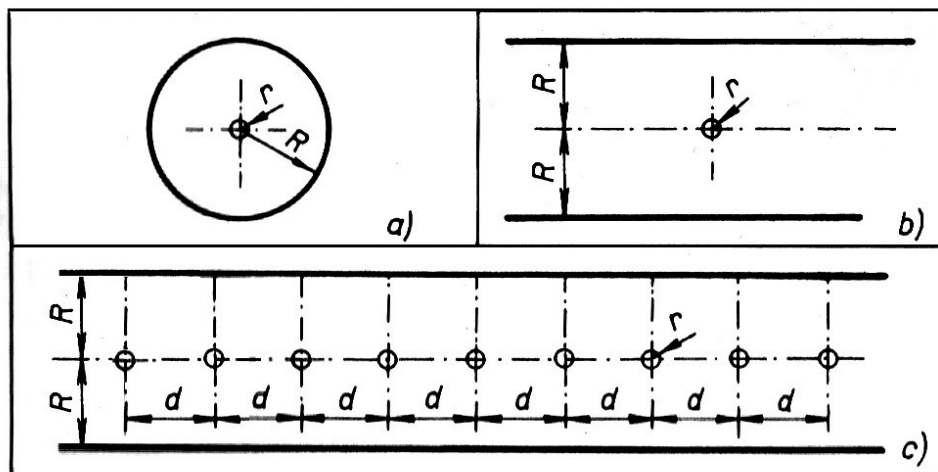
$\beta_p$  - faktor hustoty plynu ( $\beta_p \leq 1$ ) a je dán poměrem tlaků a teplot

$$\beta_p = \frac{p}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T} \quad (2)$$

$r_i$  – poměr válcové vysokonapěťové elektrody (u nekruhových – efektivní poloměr, stanovený experimentálně)

### Uspořádání elektrod se dělí na idealizované soustavy

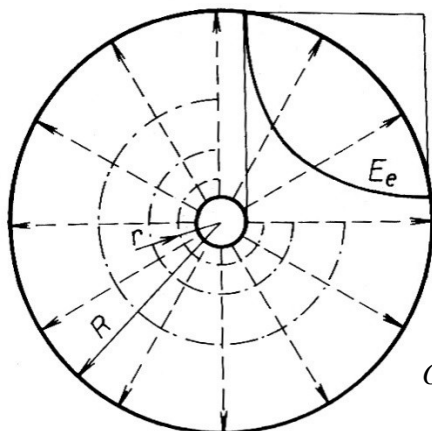
- a) Trubkový odlučovač
- b) Deskový ionizátor
- c) Komorový odlučovač



Obr. 17.: Idealizované soustavy elektrod [2]

### 5.1. Elektrické pole v trubkovém odlučovači

Elektrické pole je složeno ze tří složek:  $E_e$  od plošných nábojů na elektrodách,  $E_i$  od prostorového náboje iontů a  $E_p$  od prostorového náboje elektricky nabité příměsi. Složky  $E_i$  a  $E_p$  se v důsledku odlučování, ukládání příměsi a změny náboje mění ve směru proudění plynu. Intenzita a rozložení elektrického pole v jednom určitém příčném řezu odlučovače nereprezentuje poměry v celém odlučovači jinak než kvalitativně.



- silové čáry pole
- - - hladinové plochy
- $E_e$  intenzita elektrostatického pole

Obr. 18.: Schéma idealizovaného trubkového odlučovače [2]

Z teoretického řešení je to vyjádření intenzity elektrostatického pole  $E_e$  v soustavě dvou souosých válcových elektrod o poloměrech  $r$  – ionizační (připojená na izolovaný pól zdroje napětí) a  $R$  – sběrací (uzemněná).

Intenzita elektrostatického pole vyvolaného náboji elektrod podle vztahu

$$E_{ex} = \frac{U}{x \cdot \ln\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{U}{x \cdot F} \quad (3)$$

$$F = \ln\left(\frac{R}{r}\right) \quad (4)$$

$F$  – činitel geometrického uspořádání soustavy elektrod

## 5.2. Elektrické pole v soustavě: drát ležící uprostřed mezi dvěma navzájem rovnoběžnými rovinnými deskami

Během určování rozložení elektrostatického pole v této soustavě je používána metoda zrcadlových obrazů. Dle obrázku je předpoklad prvního kroku zrcadlení podle jedné (A) i druhé (B) rovinné uzemněné elektrody.

Určení potenciálu pole

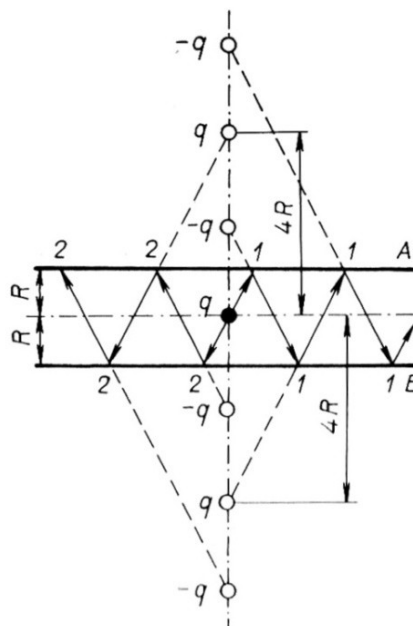
$$\varphi = \frac{c_1}{2} \cdot \ln \frac{(\cos 2c_2 x + \cosh 2c_2 y)^2}{\sin^2 2c_2 x + \sinh^2 2c_2 y} \quad (5)$$

● Skutečný zdroj

○ Fiktivní (zrcadelní) zdroj

1 – zrcadlení na ploše A

2 – zrcadlení na ploše B



Obr. 19.: Schéma rozložení zrcadelních zdrojů[2]



Reálná perioda zrcadlových obrazů  $4R$  je  $2c_2 = \pi/(2R)$ . Po zavedení bezrozměrných souřadnic, které jsou vztaženy k základnímu údaji  $R$ :  $\xi = x/R$  a  $\eta = y/R$  můžeme napsat rovnici ve tvaru

$$\varphi = \frac{c_1}{2} \cdot \ln \frac{(\cos \frac{\pi}{2} \xi + \cosh \frac{\pi}{2} \eta)^2}{\sin^2 \frac{\pi}{2} \xi + \sinh^2 \frac{\pi}{2} \eta} \quad (6)$$

Pro  $\xi = 1$  (povrch sběrací elektrody) je potenciál  $\varphi_s = 0$ . Na povrchu ionizační elektrody kruhového průřezu, např. v místě  $\eta = 0$ ,  $\xi = r/R = \varrho$  při  $\varrho \ll 1$ , a proto  $\sin \frac{\pi}{2} \varrho \cong \frac{\pi}{2} \varrho$  a  $\cos \frac{\pi}{2} \varrho \cong 1$  je potenciál

$$\varphi_i = c_1 \cdot \ln \left( \frac{4R}{\pi r} \right) \quad (7)$$

a rozdíl potenciálů  $(\varphi_i - \varphi_s) = U$ , kde  $U$  je napětí přiváděné. Z toho plyne

$$c_1 = \frac{U}{\ln \frac{4R}{\pi r}} \quad (8)$$

Složky intenzity elektrického pole  $E_x$  a  $E_y$  a jejich výslednice se určí ze vztahu

$$E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}; E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}; E^2 = E_x^2 + E_y^2 \quad (9)$$

### 5.3. Elektrické pole v komorovém odlučovači

Stejně jako u trubkových odlučovačů se složky  $E_i$  a  $E_p$  mění v důsledku odlučování, vzniku vrstvy příměsi a změny náboje příměsi ve směru proudění plynu. Jedné komoře (jednomu prvku) komorového odlučovače náleží několik ionizačních elektrod, které jsou většinou rozmístěny ve stejné vzdálenosti a uprostřed mezi dvěma sousedními (obecně rovinnými) sběracími elektrodami, což je důležité pro tvoření míst k tvoření nárazové ionizace plynu.

Periodický charakter, který má ve své ionizační části celá soustava elektrod, působí na jednotlivé procesy a veličiny (proud iontů, elektrické pole, pohyb částic příměsi, nabíjení příměsi) tím, že ionizační elektrody jsou uspořádány napříč proudem plynu. Při určování rozložení elektrického pole lze využít metodu zrcadlení. V elektrodě, která je připojena na izolovaný pól zdroje napětí, je zabudováno několik ionizačních elektrod. Potenciál pole je dán

$$\varphi = \frac{c_1}{2} \ln \frac{(\cos \frac{\pi}{2} \xi + 1)^2}{\sin^2 \frac{\pi}{2} \xi} + 2 \frac{c_1}{2} \cdot \sum_{n=1}^n \ln \frac{(\cos \frac{\pi}{2} \xi + \cosh \frac{\pi}{2} n\delta)^2}{\sin^2 \frac{\pi}{2} \xi + \sinh^2 \frac{\pi}{2} n\delta} \quad (10)$$

kde  $\delta = d/R$  je poměrná rozteč ionizačních elektrod. Pro  $\xi = 1$  (povrch sběrací elektrody) je potenciál  $\varphi_s = 0$ . Na povrchu ionizační elektrody je potenciál pole určen ze vztahu

$$\varphi_i = c_1 \left\{ \ln \frac{4R}{\pi r} + \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{\cosh \frac{\pi}{2} n \delta + 1}{\cosh \frac{\pi}{2} n \delta - 1} \right\} \quad (11)$$

Při  $U = (\varphi_i - \varphi_s)$  je

$$c_1 = \frac{U}{\ln \frac{4R}{\pi r} + \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{\cosh \frac{\pi}{2} n \delta + 1}{\cosh \frac{\pi}{2} n \delta - 1}} \quad (12)$$

činitel geometrického uspořádání soustavy elektrod

$$F = \ln \frac{4R}{\pi r} + \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{\cosh \frac{\pi}{2} n \delta + 1}{\cosh \frac{\pi}{2} n \delta - 1} = F_1 + F_2 \quad (13)$$

## 6. Koróna

Pro správnou funkci odlučovače se využívá jeden typ výboje - koróna. Američan Cottrell přišel jako první s nápadem využít korónový výboj už v roce 1908 a postavil elektrostatický odlučovač. Aby korónový výboj mohl vzniknout, musí být elektrické pole velmi nehomogenní. Pro co nejintenzivnější výboj je potřeba, aby ionizační (sršící) elektroda tvořená z tenkých drátů byla značně zakřivená a druhá, sběrací elektroda měla co nejmenší poloměr zakřivení (trubka, deska). Jestliže však má elektroda na svém povrchu místa, elektricky preferovaná (zuby, ostny,...), vytvořené ať už záměrně nebo nahodile, soustředí se většina výboje do těchto míst.

Korónový výboj slouží k nabití odlučovaných částic elektrickým nábojem. Tyto nabitě částice jsou poté odloučeny z plynu silou rovnou Coulombovskému vztahu

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2} \quad (14)$$

**Používají se dva druhy korón:**

- záporná – ionizační elektroda připojena na záporný pól zdroje napětí. Používá se při odlučování tuhých a kapalných příměsí z odpadních nebo technologických plynů. Všude tam, kde není aerodisperzní příměs odlučována ze vzduchu. Její výhodou je vyšší stabilita (umožňuje odlučování při vyšším napětí a větším proudu).

- kladná – použití při odlučování aerodisperzních příměsí ze vzduchu (vzniká méně ozonu  $O_3$ ).

## 6.1. Vznik koróny

Koróna vzniká díky obsahu volných elektronů v plynu, které v elektrickém poli získávají pohybovou energii a tu pak předávají v nějaké formě okolním, neutrálním molekulám plynu. Jestliže je tato absorbovaná energie dost velká, dochází k ionizaci této molekuly nárazem.

Pro udržení korového výboje je nezbytná existence určitého počtu primárních elektronů. Tyto elektrony vznikají po nárazu kladného iontu do povrchu záporné elektrody. Díky zkušenostem víme, že ionizace vzniká i v místech, kde je intenzita elektrického pole hodně malá. Tuto hodnotu nazýváme počáteční krizová hodnota, kterou je nutno přivést na odlučovač, aby odlučovačem začal procházet alespoň malý proud. Při napětích vyšších než je počáteční krizová hodnota (která je velice obtížně určitelná), se v ionizační zóně, kde jsou obsaženy kladné a záporné elektrony, uvolňuje větší množství energie, které se z malé části přeměňuje v energii světelnou – vznik viditelné koróny (podle Whiteheada je průměr celé korónové vrstvy kolem drátu větší asi 1,9x než průměr viditelný, neviditelná část koróny vysílá jen ultrafialové záření). Zvyšováním napětí dochází k tomu, že se proud procházející k elektrodám zvětší na takovou hodnotu, která je měřitelná technickými přístroji. Nastává charakteristické šumění a praskání. S dalším zvyšováním napětí je koróna omezena přeskokovým napětím, co je napětí, kdy se koróna mění ve výboj trsový a jiskrový. Na počáteční vlastnosti koróny má rozhodující vliv vlastní povrch elektrod (malé nečistoty či nerovnosti).

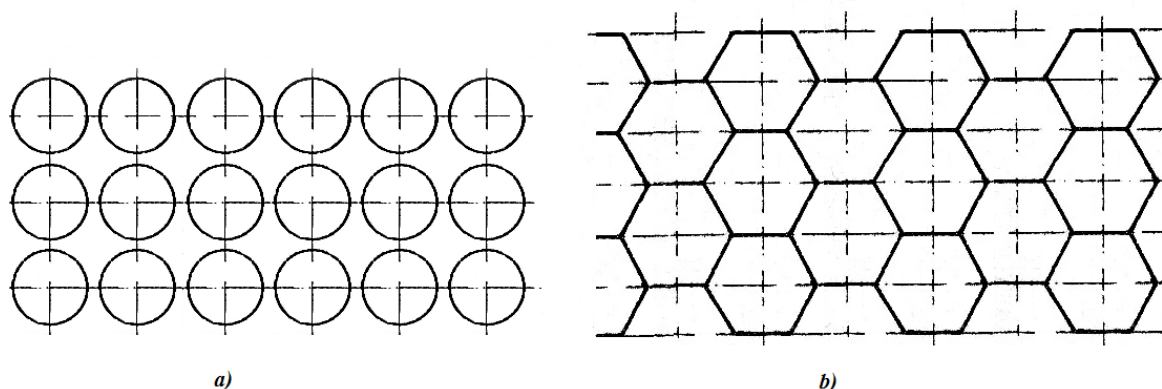
## 7. Sběrací elektrody elektrických odlučovačů

U elektrických odlučovačů je velký rozdíl mezi ionizační (sršící) a sběrací elektrodou. Sběrací elektrody mají ve srovnání s ionizačními elektrodami velký povrch, protože se na nich ukládá velká část (okolo 80 až 90%) odloučeného prachu. Pro každý typ odlučovače je jiné provedení sběracích elektrod. Provedení závěsu sběracích elektrod je proveden tak, aby bylo vyloučeno riziko vysmeknutí a bylo možné nařízení sběracích elektrod ve správných polohách a to bez rozepínání při provozu a omezení rozpínání. Důležité je účinné oklepávání elektrod kvůli eliminování příčiny výboje na sběracích elektrodách (převážně v místě, kde jsou elektrody zavěšeny do závěsných trámů). Sběrací elektrody mají oklepávače, které jsou umístěny v místech výstupu plynu, kde je potřeba z elektrod intenzivně odstraňovat vrstvu jemnozrnného prachu. Tyto oklepávače jsou napájeny elektromotorem přímo spojeným se šnekovou skříní do pomala a ještě s řetězovým převodem do pomala. Oklepávání se provádí různými způsoby, např.

podélným (ve směru roviny elektrod), nebo příčným úderem kladiv na svazek elektrod. Dále se používá oklepávání elektrod protiběžné nebo horní oklepávání.

### 7.1. Elektrody trubových elektrických odlučovačů

V trubových elektrických odlučovačích jsou sběrací elektrody provedeny buď jako válcové trouby nebo jako šestiboké prismatické trouby. Oba typy jsou soustředěny do bloku a jako celek vestavěny do skříně. Průřez blokem šestibokých sběracích elektrod připomíná plástve a odtud se nazývají také jako voštinové. Válcové elektrody jsou uspořádány většinou do řad a oproti voštinovým zabírají daleko více místa. Výroba (hlavně velké délky bloku) musí být velice pečlivá, neboť při nerovných elektrodách je těžké střídit ionizační elektrodu. Průměr válcových elektrod bývá okolo 300 mm, stejně tak i velikost kružnice opsané kolem elektrody šestiboké. Délka elektrod je 3000 až 4000 mm. U mokrých odlučovačů je nutné dbát na to, aby voda vytvářela pravidelný film po celém obvodu všech elektrod. Elektrody v trubových odlučovačích bývají převážně železné. Jen tam, kde se odlučují korozivní látky, se používá elektrody jiného materiálu jako například uhlíku nebo ferosilicia.



Obr. 20.: Elektrody a) trubové, b) voštinové[1]

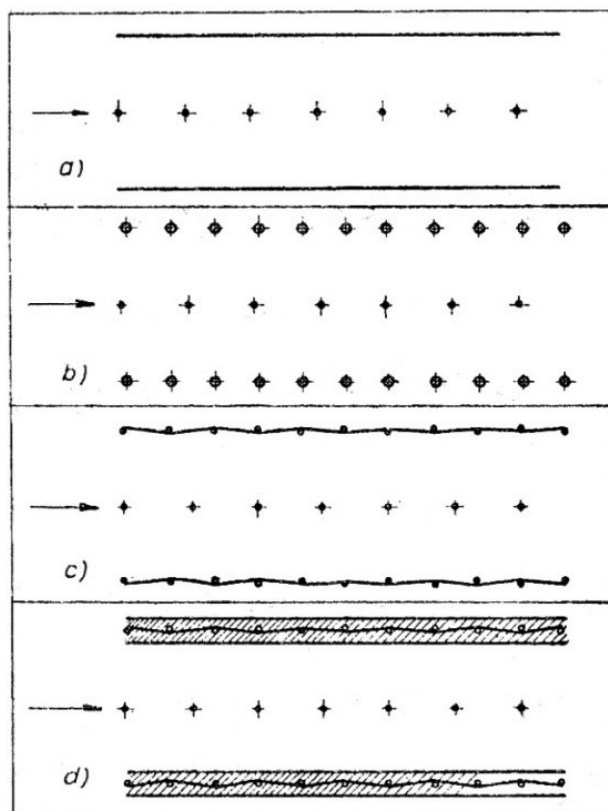
### 7.2. Elektrody komorových elektrických odlučovačů

Sběrací elektrody u těchto typů dělíme na tři základní skupiny:

- a) Sběrací elektrody otevřené
- b) Sběrací elektrody polootevřené
- c) Sběrací elektrody uzavřené

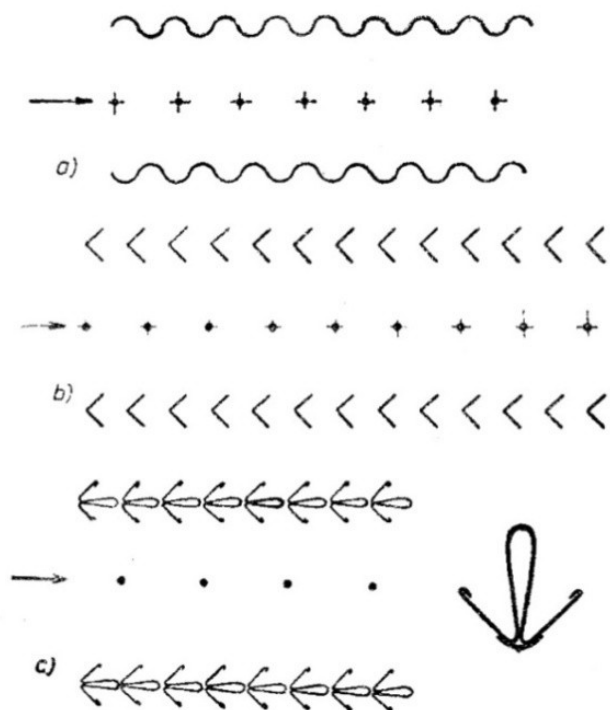
Sběrací elektrody jsou většinou tvořeny několika dílčími sběracími elektrodami, které jsou zavěšeny ve směru proudu za sebou a to z důvodu jak výrobního, montážního i provozního. Pokud není elektroda příliš široká, je provedena vcelku.

- a) sběrací elektrody otevřené
- sběrací elektroda rovinná
  - sběrací elektroda tyčová
  - sběrací elektroda síťová
  - sběrací elektroda s odstupňovaným odporem



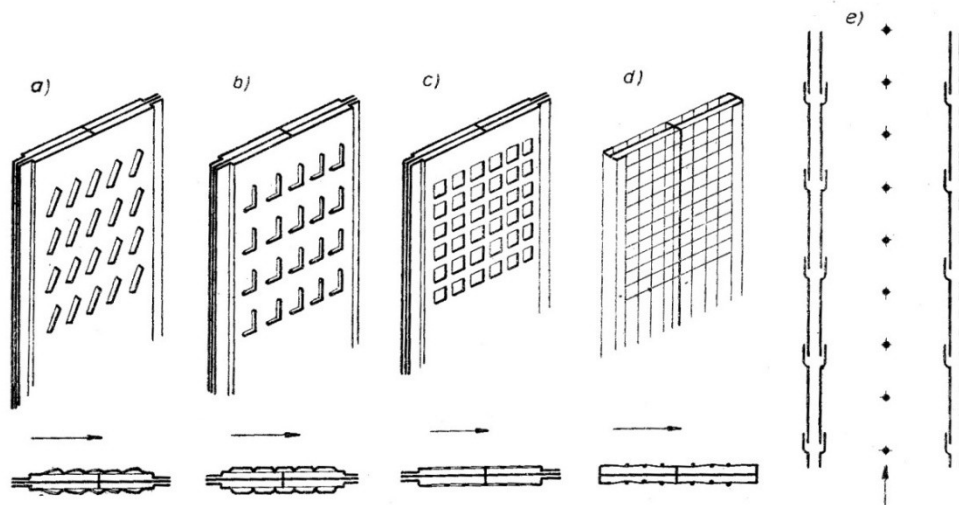
Obr. 21.: Sběrací elektroda a) rovinná, b) tyčová, c) síťová, d) s odstupňovaným odporem [1]

- b) sběrací elektrody polootevřené
- sběrací elektroda vlnitá
  - sběrací elektroda tvaru V
  - sběrací elektroda tvaru W

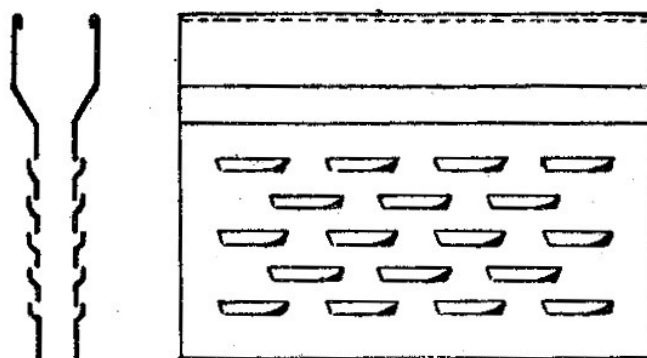


Obr. 22.: Sběrací elektrody a) vlnitá, b) tvaru V, c) tvaru W [1]

- c) sběrací elektrody uzavřené
- kapsové sběrací elektrody se šikmými kapsami
  - kapsové sběrací elektrody s lomenými kapsami
  - děrované sběrací elektrody
  - stíněné sběrací elektrody
  - stíněné sběrací elektrody s odstupňovaným odporem
  - kapsové sběrací elektrody pro vertikální elektrické odlučovače



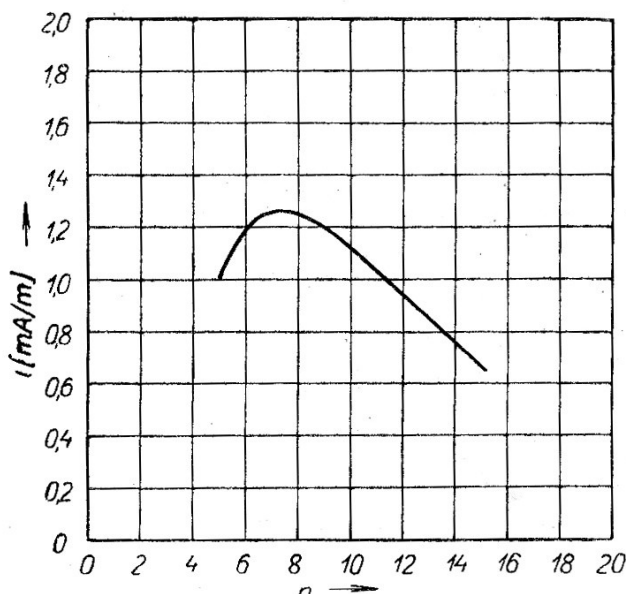
Obr. 23.: Sběrací elektroda a) kapsová se šikmými kapsami, b) s lomenými kapsami, c) děrovaná, d) stíněná, e) kapsová pro vertikální odlučovače [1]



Obr. 24.: Sběrací elektroda kapsová pro vertikální odlučovače [1]

## 8. Elektroda vysokého napětí

Na elektrodách vysokého napětí, neboli na ionizačních elektrodách, vzniká korónový výboj a protože je podmínkou vzniku tohoto výboje značná nehomogenost elektrického pole, je výbojová část elektrody tvořena jedním nebo několika dráty (záleží na typu odlučovače) rovnoběžnými se sběracími elektrodami. Společně připojenými k tomu pólu zdroje vysokého napětí, od země izolován (zpravidla se jedná o záporný pól). Při malé rozteči drátů je potřeba více materiálu a proud, který prochází elektrickým odlučovačem, není optimální. Z toho plyne, že rozteč drátů v jedné elektrodě není libovolná.



Obr. 25.: Závislost proudu na počtu drátů v elektrodě vn [1]

Optimální rozteč drátů je závislá na stavu a druhu plynu a taky na provedení odlučovače. Provedení drátů závisí na typu odlučování. Většinou z nerezavějícího materiálu, niklchromových slitin, nerezavějící oceli nebo i z klasického železného drátu. Pokud se jedná o odlučování vysoce korozivních látek, používá se ocelový drát opatřený povlakem olova. Typy průřezů drátů jsou kruhové, asteroidické či šestihranné.

#### Rozlišujeme dvě hlavní provedení elektrod vn:

- elektrody – celé ionizační. Každá je zavěšena přímo na závěsném rámu elektrod. Ve spodní části se elektrody je závaží napínající elektrody, rozpínají roštem a na koncích musí být umožněno řídit jednotlivé elektrody do osy trub.
- elektrody – celé, nebo jen z části ionizační. Jsou tvořeny dráty a v části bezvýbojové z plechů. To celé je pak zavěšeno na závěsný rám elektrod. Dráty mohou být buď provlečeny a naspod zaklínovány v drátech anebo mají naspod napínací závaží. Není vhodné dráty přivařovat.

#### Upevnění drátů či jiných částí elektrod do rámu musí být provedeny, tak aby:

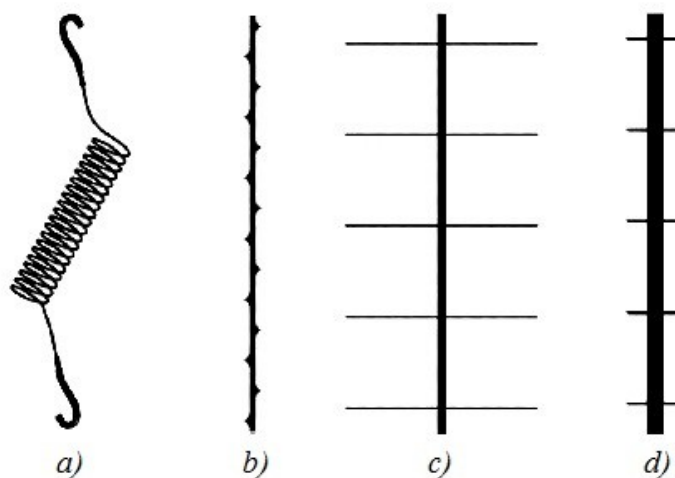
- nezkracovaly vzdálenost částí nacházejících se pod napětím proti částem uzemněným a aby se zamezilo vzniku hrotů či ostrých hran, které by byly zdrojem přeskoků
- konstrukce dílu byla provedena tak, aby elektrické namáhání plynu v místě zúžení vzdálenosti bylo zmenšeno pod počáteční hodnotu
- upevnění drátů do rámu bylo takové, aby nebránily rozpínání elektrod



- upevnění drátů bylo provedeno tak, aby v závěsu nedocházelo k přepalování či jinému porušování
- se elektroda nezbortila
- jednotlivé části se při oklepávání nedeformovaly nebo se nevyhákovaly, čím by způsobily přeskok nebo zkrat

#### Hlavní zásady pro provedení elektrody vn jako celku:

- v komorovém odlučovači musí být rovinná jak při výrobě, tak i při samotném chodu
- musí být provedena tak, aby ji bylo možné umístit a upevnit mezi sběrací elektrody v celém rozsahu uprostřed
- zajištění bezpečné polohy ve skříni, což znamená dodržení vzdálenosti částí pod napětím od částí uzemněných



Obr. 26.: Typy elektrod – a) spirálová, b) hrotová, c) tuhá, d) jehlová

## 9. Elektrické vlastnosti částic

Náboj a elektrický odpor vrstvy částic jsou hlavními elektrickými vlastnostmi, které se uplatňují v elektrických odlučovačích při odlučování. U částic, které nesou náboj obou polarit, může vlivem elektrických sil docházet ke shlukování částic tzv. koagulaci.

## 9.1. Přirozený náboj částic

Tuhé i kapalně částice hned při vzniku nebo chvíli po tom získávají určitý elektrický náboj, kterému říkáme přirozený. Jednotkou náboje je elementární náboj  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  (hodnota náboje elektronu) – výsledná hodnota náboje může být pouze základním násobkem elementárního náboje  $e$ .

Přirozený náboj má určité meze. Jestliže má částice na svém povrchu pouze náboje jedné polarity, vyvolávají tyto odpudivou sílu a snaží se částici rozdělit na dvě části. Částice dokáže nést náboj jen takové velikosti, kde odpudivá síla je ještě v rovnováze s povrchovým napětím částice.

Částice však mohou mít na svém povrchu elementární náboje obou polarit, jejichž velikost je dána rozdílem nábojů obou polarit a částice je pak kladná nebo záporná. Částice mohou být nabity buď monopolárně nebo bipolárně.

Při mechanických procesech jako jsou mletí, drcení, broušení vzniká prach, jehož částice získávají elektrický náboj při procesu dělení. Při proudění částice získávají náboj nárazem o stěny – triboelektrický náboj. Velikost i polarita náboje závisí nejen na chemickém složení materiálu částice, ale také na materiálu stěny. Tento jev může mít u určitých zařízení negativní vliv – mohou vznikat jiskrové výboje (riziko výbuchu), tomu je nutno předcházet uzemněním a vodivým propojením částí zařízení.

U dýmů pomocí kondenzací par kovů vznikají jemné částice, které získávají svůj náboj difúzí iontů vznikajících při vysokých teplotách.

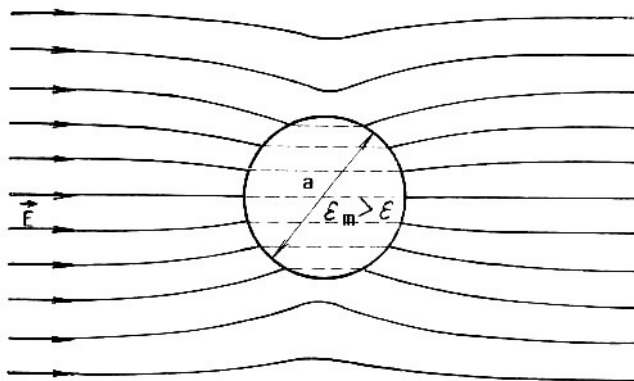
Při mlze (kondenzace vodní páry) nevznikají v podstatě žádné elektrické náboje. Jestliže však vznikají kapalně částice nějakým mechanickým procesem, např. rozstřikováním (atomizací), jsou tyto částice nositelem určitého elektrického náboje.

## 9.2. Umělé nabíjení částic

Pro správnou funkci elektrických odlučovačů je potřeba, aby byly částice nositelem dostatečně vysokého monopolárního elektrického náboje. Ten získají umělým nabíjením. U elektrických odlučovačů je základní způsob nabíjení volnými ionty, které vznikají při korónovém výboji. Používají se dva hlavní principy nabíjení – nabíjení částic elektrickým polem a nabíjení částic difúzí iontů.

### 9.2.1. Nabíjení částic elektrickým polem

V okolí částice, která se nachází v elektrickém poli o intenzitě  $E$ , dochází k deformaci elektrického pole vlivem rozdílných dielektrických vlastností částice a plynného prostředí. Základní dielektrické konstanty patří: permitivita vakua ( $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ), permitivita částice  $\epsilon_m$  a permitivita okolí  $\epsilon$ . Veličiny  $\epsilon_m$  a  $\epsilon$  určují kolikrát je permitivita určitého prostředí větší než permitivita vakua – jsou to bezrozměrné veličiny. U plynného prostředí uvažujeme  $\epsilon = 1$ , u tuhých látek a u kapalin je  $\epsilon_m > 1$ . Intenzita elektrického pole  $\vec{E}$  (V/m) je úměrná hustotě siločar.



Obr. 27.: Deformace elektrického pole v okolí částice pro případ  $\epsilon_m > \epsilon$  [6]

Jsou-li v elektrickém poli ionty jisté polarity, působí na ně síla  $\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$ . Velikost náboje  $Q$  s časem  $t$  rychle narůstá podle vztahu:

$$Q = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \pi \cdot a^2 \cdot E \cdot \kappa \frac{t}{t+t_p} \quad (15)$$

$t_p$  (s) – časová konstanta, poločas nabíjení (řádově  $10^{-3} \text{ s}$ )

Za velmi krátký časový okamžik je možné uvažovat  $t / (t + t_p) \approx 1$  a vzhledem k hodnotě  $\epsilon \cong 1$  můžeme přepsat vzorec do tvaru:

$$Q = \epsilon_0 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \kappa \cdot E \quad (16)$$

$\kappa$  - nabíjecí konstanta, která se vypočítá

$$\kappa = 1 + 2 \frac{\epsilon_m - \epsilon}{\epsilon_m + 2\epsilon} = 1 + 2 \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2} \quad (17)$$

kde  $\epsilon_r = \frac{\epsilon_m}{\epsilon}$

Tento náboj  $Q$  vyjadřuje maximální náboj (násobek elementárního náboje  $e$ ), který může částice za určitých podmínek získat. Nazýváme ho saturační (rovnovážný, nasycený) náboj.

Nabíjení částic elektrickým polem po siločarách se používá u větších částic, vyvolávající větší deformace elektrického pole. Velikost částic nad  $1\mu m$ .

### 9.2.2. Nabíjení částic difúzí částic

Ionty plynu kromě základního pohybu po siločarách vykonávají díky srážkám s molekulami i náhodný Brownův pohyb. Částice o velikosti  $< 0,2\mu m$  způsobují deformaci elektrického pole tak malou, že dominantním způsobem nabíjení částic se stává difúze iontů. Časový průběh nabíjení částice je roven

$$Q = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a \cdot k \cdot T}{e} \ln \left( 1 + \frac{a \cdot \bar{c} \cdot C_{Ni} \cdot e^2}{8\epsilon_0 k T} \cdot t \right) \quad (18)$$

$T$  (K) – absolutní teplota

$k$  – Boltzmannova konstanta  $k = 1,3805 \cdot 10^{-23} J/K$

$C_{Ni}$  ( $1/m^3$ ) – početová koncentrace iontů

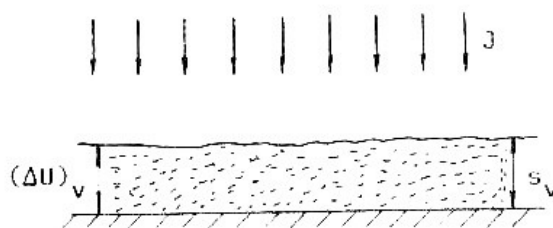
$\bar{c}$  (m/s) – střední kvadratická rychlost molekul plynu, řádově stejná jako rychlost zvuku

V praxi se využívá zjednodušeného vztahu, kde zbytek veličin vyhovují běžným poměrům v odlučovačích

$$Q \cong 10^8 \cdot a \cdot e \quad (19)$$

### 9.2.3. Elektrický odpor vrstvy částic

U elektrického odlučování má elektrický odpor vrstvy částic důležitý význam a je jedním z parametrů, jež zhoršují odlučování. Vyjadřuje se jako měrný odpor vrstvy částic  $\rho_v$  ( $\Omega \cdot m$ ).



Obr. 28.: Měrný odpor vrstvy částic  $\rho_v$  [6]

Pokud vrstvou částice  $s_v$  ( $m$ ) začne procházet elektrický proud o hustotě  $J$  ( $A/m^2$ ), vyvolá elektrický odpor vrstvy spád napětí na vrstvě  $(\Delta U)_v$  ( $V$ ). Ve vrstvě pak vznikne intenzita elektrického pole  $E_v$  ( $\frac{V}{m}$ ).

$$E_v = \frac{(\Delta U)_v}{s_v} \quad (20)$$

dále platí

$$E_v = \rho_v \cdot J \quad (21)$$

z čehož můžeme měrný odpor částic vyjádřit

$$\rho_v = \frac{(\Delta U)_v}{J \cdot s_v} \quad (22)$$

Měrný odpor vrstvy částic úzce souvisí s funkcí odlučování. Za běžných podmínek odlučování prochází elektrodami proud  $I$  v řádech jednotek miliampér a je-li velikost sběracích elektrod do řádů jednotek  $m^2$ , hodnota hustoty proudu  $J \approx 1 mA/m^2$ . Po přesažení kritické hodnoty elektrického pole v odlučovači ( $E_{krit} = 10^6 V/m$ ) dochází ke korónovému výboji a ionizaci plynu. Ve vrstvičce prachu pak dochází ke korónovému výboji – zpětné koróně, jestliže

$$\rho_v > \frac{E_v}{J} \approx \frac{10^6}{10^{-3}} = 10^9 \Omega \cdot m \quad (23)$$

Jako běžná hodnota  $\rho_v$  se u elektrických odlučovačů uvažuje  $\rho_v < 2 \cdot 10^8 \Omega \cdot m$ . Jestliže dojde k druhému extrému, což je  $\rho_v < 10^2$  až  $10^3 \Omega m$ , dochází při styku nabitých částic s odlučovací plochou k rychlému vybití a částice od této sběrací elektrody odskakují => snižuje se kvalita a účinnost odlučování.

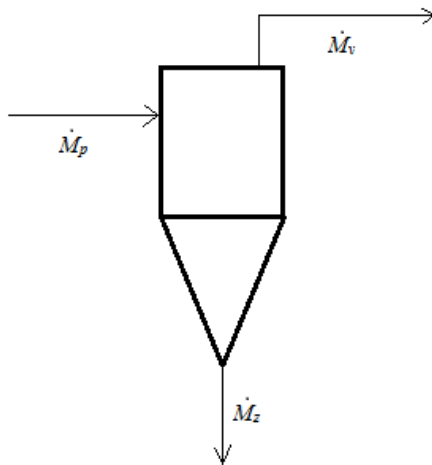
Měrný elektrický odpor vrstvy částic  $\rho_v$  obecně závisí na:

- na materiálu částic a teplotě (vnitřním odporu částic)
- povrchové vodivosti částic, ovlivněné absorpcí
- morfologickým složením vrstvy (velikost, tvar, uspořádání částic ve vrstvě, určující odpor plynu ve vrstvě a stykový odpor)

## 10. Celková a frakční odlučivost

Celková odlučivost  $O_c$  je základní veličinou (nazývaná někdy jako celková účinnost odlučování), která charakterizuje míru odloučení příměsi. Vyjádříme-li hmotnostní toky částic na vstupu (přístupu), výstupu a záchytu písmeny  $\dot{M}_p$ ,  $\dot{M}_v$  a  $\dot{M}_z$  můžeme psát výpočet odlučivosti:

$$O_c = \frac{\dot{M}_z}{\dot{M}_p} = \frac{\dot{M}_p - \dot{M}_v}{\dot{M}_p} = 1 - \frac{\dot{M}_v}{\dot{M}_p} = \frac{\dot{M}_z}{\dot{M}_p - \dot{M}_v} \quad (24)$$



Obr. 29.: Hmotnostní toky částic u odlučovače;  $\dot{M}_p$  – přívod,  $\dot{M}_v$  – výstup,  $\dot{M}_z$  – záchyt

Celkový průnik  $P_c$  je roven

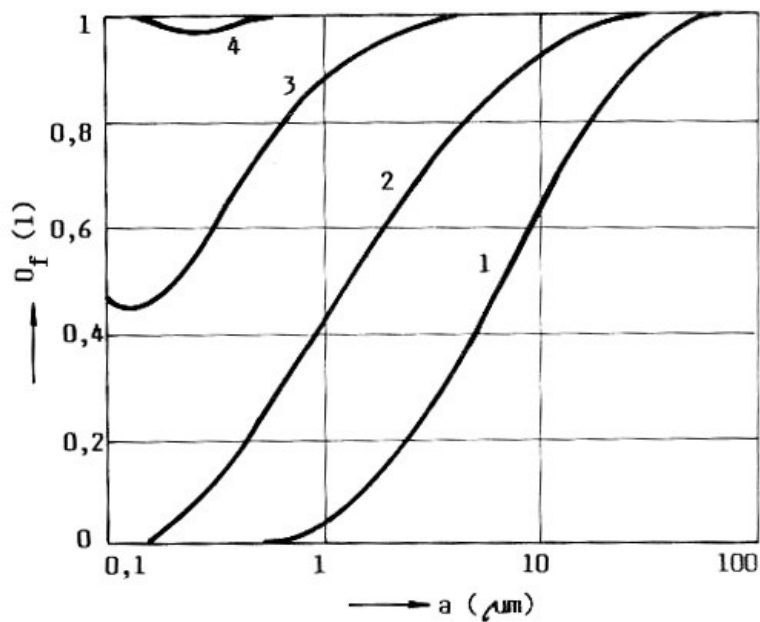
$$P_c = \frac{\dot{M}_v}{\dot{M}_p} \quad (25)$$

a pokud dosadíme do rovnice s  $O_c$  můžeme psát

$$P_c = 1 - O_c \quad (26)$$

Celková odlučivost  $O_c$  je závislá na zrnitosti vstupujícího prachu a na odlučovacích schopnostech odlučovače, vyjádřených při daném provozním stavu závislostí frakční odlučivosti na velikosti  $O_f(a)$ , tudíž  $O_c = f[Z_p(a), O_f(a)]$ .

Základní vlastností odlučovače není celková odlučivost, ale z hlediska jeho odlučovacích schopností závislost  $O_f(a)$ . Tato závislost udává (při určitém provozním stavu) odlučivost jednotlivých velikostí částic – frakcí.



Obr. 30.: Typické průběhy závislosti  $O_f(a)$  u jednotlivých skupin odlučovačů: 1 – suché mechanické, 2 – mokré mechanické, 3 – elektrické, 4 – filtry

## 11. Normy

Emise CO	–	zákonná norma je nyní 250 mg/Nm <sup>3</sup>
Emise Nox	–	zákonná norma je nyní 650 mg/Nm <sup>3</sup>
Emise SO <sub>2</sub>	–	zákonná norma je nyní 500 mg/Nm <sup>3</sup>
Emise tuhé znečišťující látky	–	zákonná norma je nyní 100 mg/Nm <sup>3</sup>

### 11.1. ČSN 12 4070 – účinnost od 1. 1. 1990

#### ZAŘÍZENÍ ODLUČOVACÍ – Metody měření veličin

Tato norma platí pro odlučovací zařízení všech typů nezávisle na principu činnosti a stanoví metody měření parametrů stavu a průtoku vzdušiny za podmínky, že rychlost vzdušiny ve vzduchovodu při měření není menší než 3 m.s<sup>-1</sup>.

#### a) Obecná ustanovení

- Stav vzdušiny udávají veličiny:  
střední teplota, tlak, hustota a vlhkost
- Průtok vzdušiny a unášených příměsí udávají veličiny:  
střední rychlost proudění vzdušiny, objemový průtok, střední koncentrace příměsí, hmotnostní průtok příměsí

- Průřez měření

měření, ve kterém se provádí měření, je závislé na ekvivalentním průměru vzduchovodu a záleží na tom, jaký má vzduchovod průměr (kruhový, čtyřhranný)  
počet bodů měření vzduchovodu s kruhovým průřezem závisí na ekvivalentním průměru, kde se plocha rozdělí na rovnoplochá mezikruží  
čtyřhranný průřez se geometricky dělí na shodné rovnoploché dílčí průřezy, body měření leží v těžištích těchto dílčích průřezů  
měření je nutno provádět při režimu odpovídajícímu provozním podmínkám zařízení  
v případě měření ve vzduchovodu bez povrchových vrstev nesmí chyba měření přesáhnout chybu 1%

b) Měření veličin stavu vzdušiny

- Měření teploty vzdušiny

musí se měřit v rovině průřezu měření  
počet bodů měření závisí na ekvivalentním průměru vzduchovodu  
střední teplota proudu vzdušiny se musí měřit v jádru proudu  
chyba měření teploty nesmí přesáhnout 1,5%

- Měření tlaku a rozdílu tlaků vzdušiny

podtlak a přetlak měříme Prandtllovou trubicí nebo přímým odběrem ve stěně vzduchovodu – při přímém odběru musí být použity min čtyři otvory, rovnoměrně rozloženy o průměru 2 až 3 mm  
dynamický tlak se měří Prandtllovou trubicí a je roven rozdílu celkového a statického tlaku  
při měření celkového nebo statického tlaku se nesmí hlava sondy (čelo snímače) vychýlit od směru proudění o více než 5°  
chyba měření celkového a statického tlaku a jejich rozdílu nesmí přesáhnout 2%  
atmosférický tlak se měří pomocí rtuťového barometru nebo kontrolovaného aneroidu  
chyba měření atmosférického tlaku nesmí přesáhnout 0,5%

- Měření hustoty

hustota vzdušiny – určuje se na základě znalosti jejího chemického složení a vlhkosti  
měření chemického složení – jednotlivé složky chemického složení vzdušiny se určují měřicími přístroji nebo chemickými analyzátory  
vzorek se odebírá jednoduchou sondou nebo otevřenou trubicí  
vzorek musí být dokonale vyčištěn od příměsí s podmínkou, že po filtraci zůstává jeho složení neměnné  
měření vlhkosti – vlhkost vzdušiny je třeba určit dle předpokládané teploty rosného bodu oblast do 60°C použití elektrického vlhkoměru  
použití psychometrické metody s měřením mokré a suché teploty vzduchu, kterou se určuje teplota rosného bodu  
oblast nad 60°C použití kondenzační metody stanovení vlhkosti  
chyba měření vlhkosti nesmí přesáhnout 7%



## c) Měření veličin průtoku vzdušiny

- měření střední rychlosti proudění vzdušiny  
určuje se na základě křivky rozložení rychlostí v rovině průřezu měření, která se určí z rychlostí naměřených v jednotlivých bodech  
měření se musí provádět sondami (Prandtlova, Pilototova nebo S – trubice, válcová sonda)  
chyba konstanty sondy nesmí přesáhnout 0,5%  
chyba měření střední rychlosti proudění vzdušiny nesmí přesáhnout 3%
- měření objemového průtoku vzdušiny  
určuje se metodou výpočtu dle střední rychlosti proudění vzdušiny nebo metodou přímého měření škrtícími orgány  
používá-li se měření objemového průtoku vzdušiny škrtícími orgány, pak má přednost použití na vertikálních úsecích potrubí kruhového průřezu při koncentraci příměsí do  $0,5\text{g.m}^{-3}$   
požadovaná přesnosti měření objemového průtoku vzdušiny škrtícími orgány se dosáhne pouze za podmínky zajištění čistoty funkčních prvků měřících zařízení (nutná pravidelná vizuální kontrola čistoty, opotřebení a zaprášení funkčních prvků)  
chyba měření objemového průtoku vzdušiny nesmí přesáhnout 5%
- měření střední hmotnostní koncentrace příměsí  
pro měření střední hmotnostní koncentrace příměsí je třeba použít jednorázový odběr vzorků vzdušiny a jejich následující gravimetrickou analýzu (úplná shoda odebíraného vzorku vzdušiny a vzdušiny proudící uvnitř vzduchovodu splněna při izokinetickém odběru)  
odběr vzorků se provádí zařízením k odběru vzorků, které tvoří: odběrová sonda, odlučovač prachu, chladič nebo psychrometr, průtokoměr, sací zařízení a spojovací zařízení  
doba trvání odběru vzorků v každém bodě průřezu měření musí být stejná (zpravidla 5 až 10 minut – nejméně 3min)  
chyba měření objemového průtoku vzdušiny hubicí odběrové sondy nesmí přesáhnout 5%  
chyba měření střední hmotnostní koncentrace příměsí nesmí přesáhnout 7%
- měření hmotnostního průtoku příměsí  
hmotnostní průtok příměsí průřezem měření se určuje na základě provedení měření objemového průtoku vzdušiny a střední hmotnostní koncentrace příměsí  
chyba měření hmotnostního průtoku příměsí nesmí přesáhnout 12%

## 11.2. ČSN 12 4015 – účinnost od 1. 1. 1991

ZAŘÍZENÍ ODLUČOVACÍ – Pravidla přejímky a metody zkoušek

Tato norma platí pro odlučovací zařízení všech typů nezávisle na principu funkce (dále zařízení) a stanoví pravidla přejímky, metody a podmínky předběžných a konečných přejímacích a předávacích zkoušek.

## a) Pravidla přejímky

- zařízení musí být podrobeno předběžným a konečným přejímacím a předávacím zkouškám v místě jeho instalace
- předběžné přejímací a předávací zkoušky se provádějí pro kontrolu způsobilosti k provozu zařízení (popř. jednotlivých montážních jednotek). Zkoušky se provádějí bezprostředně po dokončení montáže
- konečné přejímací a předávací zkoušky se provádí za účelem ověření, zda zařízení odpovídá projektovaným parametrům a zadaným pracovním podmínkám. Zkoušky se provádějí po obdržení kladných výsledků předběžných zkoušek (nejdříve 10 dní a nejdéle 4 měsíce po uvedení zařízení do chodu)
- kontrolní zkoušky se provádějí dle požadavku kontrolních za předpokladu, že je dobře známa činnost odlučovacího a souvisejícího technologického zařízení
- při provozních a kontrolních zkouškách se zjišťuje především stav a průtok vzdušiny, tlaková ztráta, netěsnost, celková odlučivost, spotřeba elektrické energie a další.
- u odlučovačů, u nichž je uvnitř prostředí s nebezpečím výbuchu, s před zahájením zkoušek provede odborná kontrola zařízení na ochranu proti explozi

## b) Metoda předběžných přejímacích a předávacích zkoušek

- kontrola vnějšího vzhledu, kompletnosti a kvality montáže zařízení a jeho prvků se provádí vizuálně. Je třeba věnovat pozornost stavu tepelné izolace a antikorozních povlakům zkontrolovat připravenost míst pro připojení měřících přístrojů, kvality montáže uzávěrů a otvorů, provedení svarů a spojů ovlivňující těsnost zařízení
- zkoušky způsobilosti k provozu zařízení při nepřetržitém chodu po dobu 8 až 72 hodin se provádí atmosférickým vzduchem (přitom se uvedou do chodu všechny mechanismy zařízení, včetně systému na dopravu prachu
- kontrola těsnosti zařízení se provádí měřením objemového průtoku vzdušiny před a za zařízením
- z výsledků předběžných přejímacích a předávacích zkoušek je třeba vyhotovit protokol, který musí obsahovat údaje o provedených zkouškách

## c) Metoda konečných přejímacích a předávacích zkoušek

- zkoušky se provádějí při stanoveném režimu práce zařízení. Měření se musí nejméně 3x opakovat (doba a místo měření musí odpovídat ČSN 12 4070)
- měření parametrů, stavu a průtoku vzdušiny (teplota, tlak, hustota vzdušiny a vlhkost, rychlost proudění a objemový průtok,...) se musí provádět podle ČSN 12 4070
- stupeň čistění vzdušiny od prachu je nutno měřit jedním ze dvou způsobů: současným měření hmotové koncentrace tuhých příměsí a objemového průtoku vzdušiny před zařízením a za ním nebo měřením hmotové koncentrace tuhých příměsí za zařízením a hmotnosti prachu odloučeného zařízení
- spotřeba elektrické energie se musí měřit s maximální chybou 2,5%
- spotřeba vody a stlačeného vzduchu se musí měřit s maximální chybou 10%
- z výsledků konečných přejímacích a předávacích zkoušek je třeba vyhotovit protokol

### 11.3. ČSN 12 4000 – účinnost od 1. 1. 1987

#### ODLUČOVACE A FILTRY – Společná ustanovení

Tato norma platí pro navrhování, zkoušení a dodávání odlučovačů, průmyslových filtrů a filtrů atmosférického vzduchu pro vzduchotechnická zařízení.

#### a) Všeobecně

- odlučovače nebo filtry se vyrábějí podle podrobnějších technických norem nebo technických podmínek se zřetelem na příslušné předpisy bezpečnosti a hygieny práce
- označování  
označení odlučovačů nebo filtrů v technické dokumentaci se skládá z názvu, typového označení, charakteristického údaje a čísla technické normy, popř. technických podmínek  
podrobný způsob označování odlučovačů nebo filtrů musí být uveden v příkladu označení v příslušných technických normách
- technické náležitosti objednávky  
v požadavku na předání technických podkladů je nutno uvést údaje pro určení výrobku  
v nabídce nebo potvrzené objednávce musí být uvedeny a potvrzeny údaje pro požadovaný odlučovač nebo filtr

#### b) Technické požadavky

- hlavní charakteristické údaje nezbytné pro projektování, konstrukci, montáž a údržbu se stanoví v technických normách nebo technických podmínkách pro jednotlivé typy odlučovačů nebo filtrů
- základní rozměry odlučovačů nebo filtrů se volí v řadách R10, R20 nebo R40
- údaje na výrobku: odlučovač nebo filtr musí obsahovat ochrannou známku (popř. názvem a sídlem výrobce), štítkem s údaji dle technických norem nebo technických podmínek, (odlučovače nebo filtry ve speciálním provedení se opatřují štítkem s příslušnými údaji)
- správná funkce odlučovačů nebo filtrů je zaručena dle podmínek obsažených v příslušné technické normě nebo technických podmínkách
- životnost některých částí odlučovače nebo filtru závisí na abrazivních vlastnostech odlučovaného prachu, koncentraci prachu, provozním podmínkám a je zpravidla kratší než životnost celého zařízení (uvádějí se doporučené náhradní díly k objednání u výrobce)
- prostory, ve kterých bude zařízení instalováno, musí být za účelem vytvoření potřebných pracovních podmínek provedeny a vybaveny podle konkrétních požadavků výrobce, předaných v rámci projektových podkladů a dohodnutých při zpracování příslušného projektu
- dodavatel zaručuje hodnotu výstupní koncentrace prachu pro určitý provozní stav a jiné údaje dle dohody (hodnoty se vztahují na místa měřená na vstupu a výstupu z odlučovače nebo filtru)
- zaručená hodnota výstupní koncentrace prachu může mít dovolenou odchylku
- povrchová ochrana proti klimatickým vlivům a korozi se předepisuje dle ČSN 03 8804
- provedení musí odpovídat příslušným bezpečnostním normám a předpisům

## c) Zkoušení

- odlučovače nebo filtry se zkouší v provozních podmínkách s navazujícím nebo předřazeným technologickým zařízením
- zkoušení průmyslových odlučovacích zařízení se provádí dle ČSN 12 4015. Zkoušky se provádějí na základě samostatné objednávky v rozsahu sjednaném smlouvou mezi odběratelem a dodavatelem

## d) Dodávání, doprava, skladování

- rozsah dodávky se provádí podle technických norem, technických podmínek nebo v rozsahu sjednaném smlouvou mezi odběratelem a dodavatelem (zahrnuje nejméně kompletní výrobek a průvodní technickou dokumentaci)
- výrobky je nutné pro dopravu zajistit tak, aby během dopravy nedošlo k jejich poškození
- označení a nápisy o ochraně výrobku na obalu musí odolávat působení vody a světla
- výrobky nebo jejich díly se dopravují běžnými dopravními prostředky dle příslušných předpisů a řádů
- opracované a nenatřené díly je nutno pokrýt odpovídajícím dočasným ochranným prostředkem nebo jiným vhodným způsobem
- výrobky, montážní díly výrobků a náhradních dílů musí být uskladněny dle ČSN 03 8207

**Další normy:**

- ČSN EN 779 (12 5001) – červen 2003

Filtry na odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů

- ČSN EN 1822 – 1 (12 5002) – duben 2010

Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování

- ČSN EN 1822 – 2 (12 5002) – duben 2010

Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 2: Výroba aerosolu, měření zařízení, statistické počítání částic

- ČSN EN 1822 – 3 (12 5002) – duben 2010

Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 3: Zkušební média plochých filtrů

- ČSN EN 1822 – 4 (12 5002) – duben 2010

Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 4: Stanovení propustnosti filtračních prvků (skenovací metoda)

- ČSN EN 1822 – 5 (12 5002) – duben 2010

Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 5: Stanovení účinnosti filtračních prvků

## 12. Elektrárny v České Republice

### 12.1. Elektrárna Dětmarovice

- postavena v letech 1972 až 1976
- výkon – 800 MW (4x 200MW)
- roční výroba elektrické energie – 2,5 TWh
- roční výroba tepla – cca 800 TJ
- odsířeno – 1998

*Typ elektrického odlučovače:* 2 x EKH

*Vstupní teplota:* 160 °C

*Průtok:* 1 256 175 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 100 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



### 12.2. Elektrárna Hodonín

- postavena v letech 1951 až 1957
- instalovaný výkon – 105 MW, 170 t páry/hod.
- roční dodávka tepla – cca 1100 TJ
- instalovaný výstupní tepelný výkon – 250 MW
- odsířeno -1997
- odlučovače – účinnosti až 99,5%

*Typ elektrického odlučovače:* 2 x EMO

*Vstupní teplota:* 145 °C

*Průtok:* 2 x 571 000 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 50 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



### 12.3. Elektrárna Chvaletice

- postavena v letech 1973 až 1979
- Instalovaný výkon – 4x200MW
- roční dodávka tepla – cca 200 TG při výkonu 4x 15 MW
- dva třísektorové elektrostatické odlučovače popílku – účinnosti 88 %
- odsířeno - 1997
- obsahu oxidů síry – nejvýše 400 mg/Nm<sup>3</sup> (běžně pod 300 mg/Nm<sup>3</sup>) - Zákon 500 mg/Nm<sup>3</sup>
- emise prachu – 100 mg/m<sup>3</sup>

*Typ elektrického odlučovače:* EKG

*Vstupní teplota:* 165 °C

*Průtok:* 1 674 650 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 50 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



### 12.4. Elektrárna Mělník

- tři výrobní jednotky (Mělník I (1993 převedena do akciové společnosti), Mělník II, Mělník III)
- Celková roční dodávka – cca 500 TJ při výkonu 80 MW
- Mělník II: uvedení do provozu – 1971
- instalovaný výkon – 2 x 110 MW
- účinnost elektroodlučovačů – 99%
- odsířeno – 1998
- Mělník III: uvedení do provozu – 1981
- instalovaný výkon 1 x 500 MW
- odsířeno – 1998 (účinnost 95%)

*Typ elektrického odlučovače:* EKG

*Vstupní teplota:* 165 °C

*Průtok:* 1 674 650 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 50 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>





## 12.5. Elektrárna Počerady

- postavena v letech 1970 až 1977
- instalovaný výkon 5 x 200 MW
- odsířeno 1994 – 1996

*Typ elektrického odlučovače:* EKG

*Vstupní teplota:* 172 °C

*Průtok:* 2 757 450 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 50 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



## 12.6. Elektrárna Poříčí

- sestává se ze dvou provozů - Elektrárny Poříčí II a Teplárny Dvůr Králové
- Elektrárny Poříčí II: uvedení do provozu – 1957
- Instalovaný výkon – 3 x 55 MW
- celkový teplárenský výkon – 294 MW
- roční dodávka tepla – cca 1 500 TJ
- odsířeno – 1996 – 1998
- Teplárna Dvůr Králové: uvedení do provozu: 1955
- Instalovaný teplárenský výkon – 115,8 MW
- roční dodávka tepla – cca 800 TJ

*Typ elektrického odlučovače:* EMO

*Vstupní teplota:* 130 °C

*Průtok:* 450 390 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 40 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



## 12.7. Elektrárny Pruněřov

- Instalovaný výkon pro dodávku tepla – 500 MW
- Elektrárna Pruněřov I: uvedena do provozu – 1967 až 1968
- Instalovaný výkon 4 x 110 MW
- Odsířeno – 1995
- Elektrárna Pruněřov II: uvedena do provozu – 1981 až 1982
- Instalovaný výkon 5 x 210 MW
- Odsířeno – 1996

*Typ elektrického odlučovače:* 2 x EKG

*Garantované emise TZL:* 15 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



## 12.8. Elektrárny Tisová

- roční výroba elektřiny – cca 1,6 TWh
- dodávka tepla – cca 1500 TJ
- Tisová I: uvedení do provozu 1958 až 1959
- instalovaný výkon 183,8 MW
- odsíření – 1995 až 1997
- Tisová II: uvedení do provozu 1960 až 1962
- instalovaný výkon 112 MW
- odsíření – 1997

*Typ elektrického odlučovače:* EKG

*Garantované emise TZL:* 80 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>





## 12.9. Elektrárna Třebovice

- výstavba – 1931-1933
- instalovaný tepelný výkon – 765 MW
- elektrický výkon – 180 MW

*Typ elektrického odlučovače:* EKH

*Vstupní teplota:* 195 °C

*Průtok:* 900 850 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 80 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



## 12.10. Elektrárny Tušimice II

- uvedení do provozu – 1974 až 1975
- Instalovaný výkon – 4 x 200 MW
- Odsířeno – 1997

*Typ elektrického odlučovače:* 8 x EKG

*Vstupní teplota:* 157 °C

*Průtok:* 4 x 1 319 040 m<sup>3</sup><sub>ef</sub>/h

*Garantované emise TZL:* 100 mg/m<sup>3</sup><sub>R</sub>



## 12.11. Elektrárny Vítkovice

- celkový instalovaný elektrický výkon – 79 MW
- roční dodávky tepla – 400 TJ

*Typ elektrického odlučovače:* 2xEKO

*Vstupní teplota:* 300 °C

*Průtok:*  $2 \times 198\,000 \text{ m}^3_{\text{ef}}/\text{h}$

*Garantované emise TZL:*  $80 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{R}}$



EKH - Odlučovač elektrický suchý

EKG, EKH, EKK – jsou dodávány v široké rozměrové řadě všech kombinací šířky délky a výšky aktivního prostoru odlučovače

EMO – modulová koncepce

EKO – kompaktní koncepce

## 13. Výrobci:

### 13.1. ZVVZ – Enven Engineering, a.s.

*Dodavatel zařízení pro ochranu ovduší*

Sídlo společnosti: Sažinova 1339

399 01 Milevsko



Zahraniční zastoupení: OOO ZVVZ – M, Moskva, Rusko

OOO ZVVZ Ukraina, Dněpropetrovsk, Ukrajina

TOO ZVVZ – Enven Engineering, Pavlodar, Kazachstán

ZVVZ – Enven Engineering, a.s. – organizační složka, Košice, Slovensko

Vyrábí elektrické odlučovače (suché horizontální komorové) pod obchodním značením EKG, EKF, EKO, EKK,... Jsou to vysoce spolehlivá zařízení s velkou účinností pro odlučování tuhých příměsí (z odpadních a technologických plynů). Splňující veškeré normy a zákony na ochranu ovzduší.

#### a) Realizace dodávek „na klíč“

- Realizace odlučovacích a odprašovacích zařízení
- Realizace odsiřovacího zařízení suché a polosuché metody
- Realizace zařízení k zachytávání ostatních škodlivých plynných látek
- Realizace zařízení klimatizace a větrání
- Realizace filtroventilačních zařízení
- Realizace vzduchotechnických zařízení pro jaderné elektrárny
- Generální opravy starších elektrických odlučovačů
- Kompletní výměna (modernizace) vnitřních dílů elektrických odlučovačů
- Přestavby elektrických odlučovačů na látkové filtry pulse jet
- Dodávky a montáž systému ochrany a zabezpečení elektrických odlučovačů
- Opravy a dlouhodobý servis

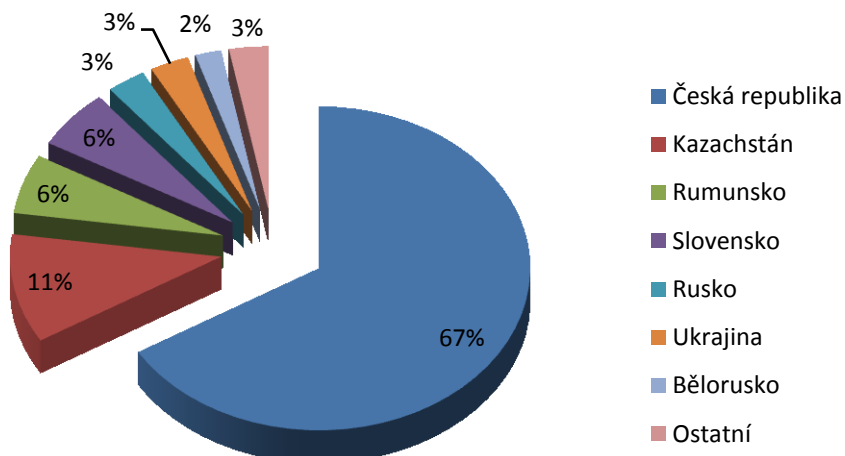
#### b) Dodavatelský program

- Látkové filtry pulse-jet ventilační
- Patronové filtry pulse-jet
- Látkové filtry pulse-jet (on-line, off-line, pro výbušné prostředí)
- Mechanické odlučovače
- Elektrické odlučovače kompaktní
- Elektrické odlučovače modulové
- Elektrické odlučovače pro střední a větší zdroje znečištění
- Pračky a reaktory k zachytávání škodlivých plynných látek
- Filtroventilační stanice pro jaderné elektrárny
- Filtroventilační stanice pro kryty ochrany obyvatelstva

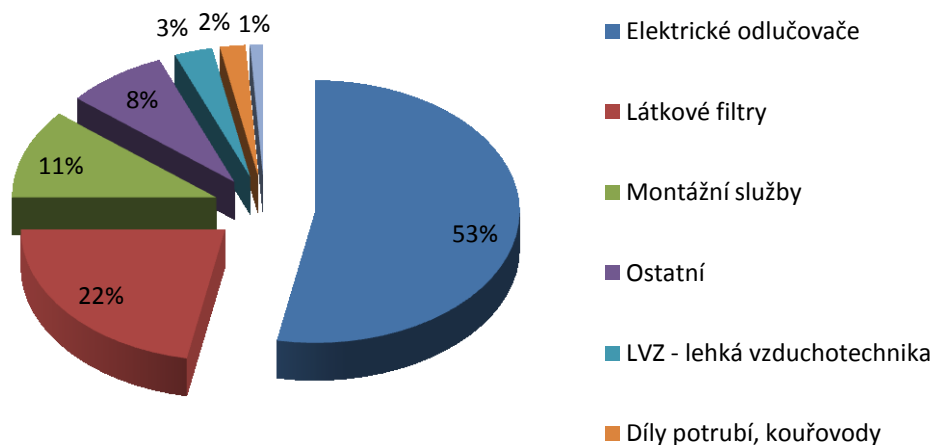
c) **Oblasti uplatnění**

- Čištění kouřových a technologických plynů, pseudoprava (těžba a zpracování kamene, vápence a uhlí, cementárny a vápenky, teplárny a kotelny, koksovny, sklárny, ...)
- Klimatizace a větrání (jaderné elektrárny, průmyslové objekty, obytné budovy, ...)
- Větrání (doly, tunely, metro)
- Filtroventilace (objekty pro ochranu obyvatelstva, jaderných elektráren)

**Tržby podle teritorií (2009)**



**Tržby podle sortimentu (2009)**



**Příklad zakázek v ČR:**

- VÍTKOVICE POWER ENGINEERING, a.s., ČEZ, a.s., Elektrárna Tušimice II – komplexní obnova ETU II, dodávka a montáž elektrických odlučovačů včetně instalace kouřových, vzduchových a recirkulačních ventilátor pro bloky B23 a B24 (I. etapa), (2007–2010)

- ČEZ, a.s., Elektrárna Dětmárovice – rekonstrukce a oprava elektrických odlučovačů, pneumatické dopravy, kouřových a vzduchových ventilátorů pro bloky VB2 a VB3, (2008–2009)
- ČEZ, a.s., Elektrárna Pruněřov – dodávka vnitřních částí elektrického odlučovače pro blok K4, (2009)
- Dalkia Česká republika, a.s., Teplárna Trmice – dodávka pneumatické dopravy od kotle K5 až K8, výstavba síla popílků, generální oprava elektrického odlučovače EKK pro kotel K7 (2007)
- DALKIA Česká republika, a.s., Teplárna Přerov – oprava elektrického odlučovače a pneumatické dopravy popílků EKG za kotlem K4, (2009)
- LUWEX, a.s., Plzeňská teplárenská a.s. – dodávka elektrického odlučovače EKG pro kotel na biomasu, (2009)

#### Příklad zakázek v zahraničí:

- OOO ZVVZ–M, OAO Katavskij Cement – dodávka elektrického odlučovače EKK včetně stabilizátoru SKA za rotační pec č.1, Rusko, (2007)
- AE & E CZ, s.r.o., South Nyirseg Bioenergy Plant – dodávka elektrického odlučovače, Maďarsko, (2008)
- KRONOSPAN, Brašov a Sebeš – dodávka elektrických odlučovačů EKK pro odlučování znečišťujících látek od sušárny a kotle dřevních třísek, Rumunsko, (2009)
- LAFARGE CEMENT, Uralcement plant, Korkino – dodávka látkových filtrů EFP pro odprášení cementového mlýna, Rusko, (2009)
- TOO BI – Cement, Sofievka – dodávka látkových filtrů EFV a EFP pro odprášení kompletní cementárny, Kazachstán, (2009)

<http://www.zvvz.cz/zvvz-enven.html> (14.2.2011)

### 13.2. EKOMETAL – E spol. s.r.o.

Sídlo společnosti:

Dráby 710/IV

566 01 Vysoké Mýto



Firma vyrábějící látkové filtry, díly do elektrických odlučovačů a další vzduchotechnické aparáty včetně ocelových konstrukcí, potrubí a uzavíratelných elementů.

Vyrábí látkové filtry typu EFV a EFP, elektrické odlučovače typu EKO a EMO, patronové filtry, šnekové dopravníky SD 200 a SD 250, ocelové potrubí – rovné i tvarované.

<http://www.ekometal.cz/index.htm> (15.2.2011)

**13.3. POLATA Milevsko**

Sídlo společnosti: Petrovická 440  
399 01 Milevsko



Činnost v oblasti výroby a montáže se zaměřením na těžkou vzduchotechniku. Stala dodavatelem především zařízení pro elektrárny a teplárny jak v ČR, tak i v zahraničí (zhruba 70% výrobků je pro zahraniční zákazníky)

Výrobky:

- Elektrofiltry
- Hadicové filtry
- Výroba kouřovodů
- Vyhrnovače strusky
- Nádrže a sila
- Výroba přepravníku benzínu – cisternový návěs

**Příklad zakázek :**

- JETE Temelín / ZVVZ Milevsko - Montáž větrání dílen a sociálního zařízení
- ČEZ Praha / elektrárna Prunéřov - Střední oprava umělých tahů kotlů 4 x 200 MW
- ČEZ Praha / elektrárna Prunéřov - 20 t Výroba nosníků a montáž, výroba výsypek elektrofiltrů a montáž (blok č. 21 – 200MW)
- ENVEN Milevsko / NH Ostrava (MITTAL STEEL) 140 t Výroba odprášení vysoké pece a montáž, vysoká pec č. 3
- ENVEN Milevsko 160 t Látkové filtry
- HAMON ROTT. Wenden 60 t Díly elektrofiltru-MAINZ-WEISENAU
- ENVEN Praha 50 t Elektrofiltr – Dětmárovice
- Energetické opravny a.s. pro ČEZ EPR Chvaletice. oprava EO a kouřovod

<http://www.polata.cz/> (15.2.2011)

**13.4. AIREKO PLUS s.r.o.**

*Zastřeší Vaši ekologii*

Sídlo společnosti: Nemocniční 998/14  
702 00 Ostrava



Společnost nabízí ucelené služby v oblasti ekologie ovzduší, průmyslové vzduchotechniky, klimatizace, pseudopravy a přesunu sypkých hmot.

Firma zajišťuje: odlučování popílku, odprašování, pneudoprava, klimatizace...

**Příklad zakázek :**

- ENERGETIKA Vítkovice – servis a opravy elektorodlučovačů
- DALKIA Morava – Oprava elektrodlučovačů
- ENVEN Praha – Demontáž a montáž látkového filtru
- Elektrárna Kolín – Oprava elektrodlučovačů a pneudopravy
- Cement Hranice – Montáž látkového filtru, dodávka potrubí

<http://www.aireko.cz/>

**13.5. ABB**

*Power and productivity for a better world*

Sídlo společnosti: Sokolovská 84 – 86  
186 00 Praha 8  
Karlín



ABB je světová firma poskytující technologie pro energetiku a automatizaci, umožňující energetickým a průmyslovým podnikům zvyšovat výkonnost při současném snížení dopadu jejich činnosti na životní prostředí.

Výrobky: elektromechanické ochrany, frekvenční měniče, senzory, elektrostatické odlučovače, stykače, pojistky, stejnosměrné měniče, motory, generátory pro větrné turbíny, regulační pohony, omezovače napětí, výkonová elektronika a mnoho dalších.

<http://www.abb.cz/> (15.2.2011)

**13.6. BELTRAN**

*Technologies, inc.*

Sídlo společnosti: 1133 East 35th Street  
Brooklyn  
NY 11210



Firma se v současnosti zaměřuje na rozvíjení pružné, inovativní technologie, kterými jsou mokré odlučovače (WESPs) a zplyňování biomasy / kogenerační systémy. Beltran systémy se dnes používají po celém světě:

- mokré elektrické odlučovače
- poly – stage odlučovače



- univerzální odlučovače mlhy
- kogenerační systém na biomasu

působí v mnoha průmyslových odvětvích jako například:

- automobilový průmysl
- potravinářství
- biomasa, plynofikace: komunální odpad, lesnictví, zemědělství

<http://www.beltrantechnologies.com/> (3.3.2011)

### 13.7. ENVITECH

*Industrial Gas Cleaning Systems*

Sídlo společnosti: 2924 Emerson St

Suite # 320

San Diego, CA 92106



Firma Envitech je předním dodavatelem systémů na kontrolu znečištění ovzduší. Specializuje se na částice, kyselinovou páru a dehtové vyjmutí z výrobních postupů. Mezi hlavními systémy firmy jsou mokré elektrostatické odlučovače, vysoko-účinné Venturiho pračky, kondenzátory / absorbéry

Aplikace Envitech produktů zahrnují:

- obnovitelné zdroje energie
- nebezpečné, zdravotnické a průmyslové spalování odpadů
- biomasa a zplyňování uhlí
- etanol a bio-paliva
- tepelné oksylichovadla, průmyslové sušičky a průmyslové kotle

<http://www.envitechinc.com/> (3.3.2011)

### 13.8. Hamon Research - Cottrell

*Air pollution control*

Sídlo společnosti: East Main Street 58

088 76 Somerville, NJ



Firma poskytuje inovativní technologie pro čištění ovzduší široké škály průmyslových odvětví. Dále vyrábí elektřinu, pohybuje se také v papírenských, chemických, sklářských, cementových, ocelových, potravinářských a farmaceutických odvětvích



Firma dodává: elektrostatické odlučovače, látkové filtry, suchá a mokré odsíření kouřových plynů, DeNOx systémy (selektivní katalytická redukce), ReACT™ systémy (Regenerative Activated Coke Technology)

[http://www.hamon-researchcottrell.com/news\\_20100601](http://www.hamon-researchcottrell.com/news_20100601) (3.3.2011)

### 13.9. PPC

*Air pollution control*

Sídlo společnosti: 3000 E. Marshall Avenue  
756 01 Longview, Texas



Společnost je rozdělena do dvou základních provozních divizí (PPC Biofilter a PPC Industries) a vyniká především výrobou třech hlavních (primárních) produktů, kterými jsou suché elektrostatické odlučovače, mokré elektrostatické odlučovače a systémy biofiltrace AIR fáze.

<http://www.ppcbio.com/> <http://www.ppcair.com/> (3.3.2011)

### 13.10. Energo – Mar

*Energetické zařízení*

Sídlo společnosti: Ul. Krucza 1B  
43-200 Pszcyna, PL



Základní oblastí působení firmy je převážně poradenství a dodávka energetických zařízení nebo jejich náhradních dílů (na zakázku). Spolupracují s mnohými firmami z Polska i celé Evropy.

Mezi nabízené výrobky patří například elektrofiltry, kompenzátory (tkaninové, vlnovkové, ocelové, gumové), Izolátory. Ze služeb například prohlídky elektrofiltrů nebo transport popela.

Elektrárny – Dolna Odra, Pomorzany, Opole, Turów, Rybnik, Skawina, Blachownia a další

Teplárny – Gdynia, Dalkia Lodz, Warszawa, Dalkia Poznaň, Krakov, Lublin a další

<http://www.energo-mar.pl/> (5.3.2011)

**13.11. Redler***Schenck process group*Sídlo společnosti:

Redler house

Dubridge, Stroud

Gloucestershire, GL5 3EY, Anglie

Redler je předním dodavatelem systémů pro manipulaci sypkých materiálů. Redler se zaměřuje na poskytování kvalitních “container loading systems” s jednoznačným cílem zjednodušit přepravu a naložení kontejneru, včetně hromadného příjmu jednotek a pojízdné násypky systémů.

Produkty: elektrostatické odlučovače, dopravníky a elevators, palivové podavače, ...

<http://www.redler.com/> (20.2.2011)

**13.12. Green Planet Technologies**Sídlo společnosti:

Mr. Shantanu Mukherjee

85-A, Pocket-6, Mayur Vihar, Phase -3

New Delhi, Delhi – 110 096, Indie



GPT je výrobce, dodavatele a vývozce průmyslové ventilace a systémy na kontrolu znečištění ovzduší a jiných průmyslových zařízení pro automatizaci.

Firma nabízí několik typů výrobků: Air-Control System znečištění, elektrostatické odlučovače, odstředivé ventilátory, průmyslové ventilační systémy, výfukové systémy dýmu a kouře.

<http://www.indiamart.com/gptindia/> (20.2.2011)

**13.13. ELEX***„We work for better air“*Sídlo společnosti:

ELEX AG

Eschenstrasse 6

CH-8603 Schwerzenbach



Elex je švýcarský rodinný podnik, založen v roce 1934. ELEX zařízení jsou určeny pro objem spalin od 20.000 až 1 milion metrů krychlových za hodinu.

Mezi hlavní produkty patří výroba elektrostatických odlučovačů, odpařovacích chladičů, hybridních filtrů či katalytických čističů plynu.

<http://www.elex.ch/> (10.3.2011)

### **13.14. Neundorfer**

*Particulate knowledge*

Sídlo společnosti: Neundorfer, Inc  
4590 Hamann Parkway  
Willoughby, OH 44094



Neundorfer se zabývá už řadu let zlepšováním výkonnosti elektrostatických odlučovačů (návrh, výroba, montáž, servis). Firma má velké zkušenosti i s provozem baghouse/ tkaninovými filtry.

[www.neundorfer.com](http://www.neundorfer.com) (10.3.2011)

## 14. Závěr

Pro život všech živých organismů je důležitým faktorem čistota ovzduší. Většina lidí čistý vzduch považuje za samozřejmost. Znečišťování ovzduší přisuzují zejména uhelným elektrárnám a spalovacímu procesu v průmyslových budovách. Neuvědomují si však, že největšími „znečišťovateli“ jsou právě oni – jízdou motorovými vozidly či vytápění pevnými palivy. V elektrárnách a průmyslových budovách se totiž používají odlučovače, které znečišťování ovzduší eliminují.

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku odlučovačů. Je v ní popsáno několik typů odlučovačů, jejich výhody a nevýhody použití. Výhody jsou posuzovány z různých hledisek jako např. cena, velikost, tvar nebo účinnost. Odlučovače se rozdělují dle konstrukce a funkce.

Co se týče principů a technologií odlučování nedošlo v poslední době podle předního výrobce odlučovačů ZVVZ – Enven Engineering, a.s. k žádným výrazným změnám.

Jak už bylo řečeno, používání odlučovačů je velmi důležité pro zachování čistoty ovzduší. Zřejmě proto se výrobou odlučovačů zabývá spousta jak českých (ZVVZ – Enven Engineering, a.s., EKOMETAL, ABB,...), tak i zahraničních (Beltran, Hamon Research – Cottrell, ELEX,...) výrobců.

Práce obsahuje i výpis a stručný popis norem, které se k dané problematice vztahují. Patří mezi ně např. ČSN 12 4070 Zařízení odlučovací – Metody měření veličin, ČSN 12 4015 Zařízení odlučovací – Pravidla přejímky a metody zkoušek, ČSN 12 4000 Odlučovače a filtry – společná ustanovení a jiné.

Na závěr lze říci, že nezanedbatelnou výhodou je fakt, že odloučený popílek – odpadní materiál se dále zpracovává například do betonu.

## 15. Použitá literatura:

- [1] Böhm J.: Elektrické odlučování a odlučovače, SNTL, Praha 1959
- [2] Ing. Dr. DrSc. Böhm J.: Elektrické odlučovače, SNTL, Praha 1977
- [3] Doc. Dr. Ing. Mach V.: Technika vysokého napětí, Ostrava 2006
- [4] Veverka A.: Technika vysokých napětí, SNTL/ALFA, Praha 1978
- [5] Ing. Dr. Heller B., Ing. Dr. Veverka A.: Elektrická pevnost, NČSAV, Praha 1957
- [6] Doc. Ing. Hemerka, CSc.: Odlučování tuhých částic, ČVUT, Praha 1994
- [7] <http://www.vscht.cz> (12. 10. 2010)
- [8] [uiozp.ft.utb.cz/studmat/2010549356/odlucovace.ppt](http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/2010549356/odlucovace.ppt) (28. 11. 2010)
- [9] [ekologie.upol.cz/ku/ppto/tozp2.doc](http://ekologie.upol.cz/ku/ppto/tozp2.doc) (28. 11. 2010)
- [10] <http://tzs.kmm.zcu.cz/necistoty.pdf> (2. 12. 2010)
- [11] Normy ČSN
- [12] Normy ČSN EN